

К.Э. Циолковский

Второе начало термодинамики



Москва, 2020 г.
Научно-издательский центр «Луч»

УДК 001
ББК 72
Ц 66

К.Э. Циолковский

Ц 66 **Второе начало термодинамики.**

М., 2020 г., ООО "Луч", 84 стр.

В настоящий сборник включены статьи К.Э Циолковского, посвящённые проблеме взаимопревращения разных видов энергии.

В работе «Второе начало термодинамики» Циолковский утверждал, что действие сил тяготения может приводить к нарушению второго закона термодинамики. Неявно это положение содержалось и в его более ранней работе «Тяготение как источник мировой энергии», включённой в сборник.

В сборник включена статья «Продолжительность лучеиспускания солнца. Давление внутри звезд (солнца) и сжатие их в связи с упругостью материи» и мировоззренческая статья К.Э. Циолковского «Библия и научные тенденции Запада».

В приложении «О «Втором начале термодинамики» К.Э. Циолковского» Рудольф Бьеран (Центр Жюль Гарсона Гранье, ИЦНИ, Франция) показывает, в чем спорное значение второго начала термодинамики для космологии.

Рисунок на обложке художника Ивана Тенькова.

ISBN 978-5-87140-397-6

Тяготение как источник мировой энергии

К.Э. Циолковский, «Наука и жизнь», 1893,

№ 44, стр. 692- 94; № 45, стр. 710- 12; № 46, стр. 723- 25.

1. Общий подсчёт энергии сгущения Солнца.

По гипотезе Лапласа Солнце с его планетами образовалось из обширной туманности путём её сгущения.

Каждая частица этой туманности притягивалась, в силу ньютонова тяготения, всеми другими частицами. Отсюда было: во-первых, сгущение туманности, во-вторых, увеличение частичной энергии, являвшейся как результат работы тяготения (сгущения), и в-третьих, усиление лучеиспускания, то есть рассеяния этой энергии в бесконечном эфирном пространстве.

Если бы ничто не мешало этому сгущению, то все точки туманности упали бы в один общий центр, и туманность быстро стусустилась бы в плотную массу, причём выделилось бы в короткое время всё количество развитой при этом энергии. Но, во-первых, материя имеет упругость, которая ещё больше увеличивается при повышении температуры и которая препятствует до некоторой степени уплотнению материи, во-вторых и эфирное пространство может принять на себя (в единицу времени) только ограниченное количество живой силы, уносимой ею в беспредельное пространство..

Из этого видно, что сгущение туманности могло совершаться только постепенно.

Определим работу тяготения, когда разрежённый туман сгущается в плотный шар.

У всякого видимо-неподвижного тела частицы находятся в незаметном для глаз движении. Это – частичная энергия. Она ощущается нами в виде света и теплоты. Атомы неподвижной туманности также могут иметь подобное движение. Скорость колебаний атомов сгущающейся материи может непрерывно уменьшаться, вследствие того, что выделяется в пространство энергия в виде лучей (свет, теплота, химическое действие); она может увеличиваться, и тогда часть работы тяготения поглотится самой туманностью; между атомами и частицами также может быть особое сближение, которое называется то химическим соединением, то сгущением в жидкость, то определением и проч. Оставим пока в стороне энергию, выделяемую всеми этими сближениями второго порядка, а также энергию, поглощаемую или выделяемую туманностью при изменении скорости её атомов; определим лишь работу общего сгущения, основываясь на ньютоновском

законе всемирного притяжения и предполагая, что сгустившаяся материя достигла равномерной плотности. Это последнее положение более или менее далеко от истины, так как в центре планеты или солнца давление, а, следовательно, и плотность больше, чем в периферии. Но принять в расчёт это обстоятельство невозможно, за неимением закона уплотнения материи с приближением к центру. Во всяком случае, действительно выделенная работа тяготения больше той, которую мы определим, предполагая равномерное уплотнение.

Итак, на предыдущих основаниях выведем формулу, по которой вычислим работу тяготения, выделенную Солнцем в форме эфирных вибраций от давно прошедших времён до настоящего времени.

Нашу задачу удобнее выполнить, идя обратным путём, т.е. имеем плотный шар – Солнце, обратим его в туман, или разделим его материю до бесконечности. Какая потребуется для этого работа, такая и обратно выделится при сгущении тумана в плотную массу.

Возьмём сначала единицу массы с её поверхности и определим работу её удаления в бесконечность.

Так как механика показывает, что шар в отношении притяжения действует так, как будто вся его масса была сосредоточена в центре, то притяжение массовой единицы на расстоянии (y) от центра будет равно

$$\text{№ 1... } k \cdot M / y^2 = (4\pi/3y^2) \cdot (kax^3)$$

где k есть притяжение единицы вещества на расстоянии единицы, M – масса шара, x – его радиус, a – его плотность. Следовательно, дифференциал работы dp будет равен

$$\text{№ 2... } dp = (4/3)\pi kax^3 dy/y^2$$

Интегрируя по y , получаем

$$\text{№ 3... } p = -(4/3)\pi kax^3/y + \text{пост.}$$

Для $y = x$, т.е. y = радиусу планеты, то $p = 0$, поэтому

$$\text{№ 4... } p = 0 = -(4/3)\pi kax^2 + \text{пост.}$$

Значит из №№ 3 и 4 получаем

$$\text{№ 5... } p = (4/3)\pi kax^2(1 - x/y)$$

Полагая тут $y = \sqrt{x}$, найдём

$$\text{№ 6... } p = (4/3)\pi kax^2$$

Удалим с поверхности шара в бесконечность его тонкий наружный сферический слой и расположим удалённую в бесконечность материю в виде сферы, концентрической с шаром. При этом ещё совершается второстепенная работа превращения малой сферы в большую, т.е. раздробления её частиц и удаление их друг от друга, но так как эта работа есть бесконечно малая второго порядка, то величиной её мож-

но пренебречь. Затем удаляем также второй сферический слой и предполагаем его как первый, но не выходя за пределы предыдущего; затем третий и так далее. Заметим, что на работу удаления каждого слоя не могут иметь никакого влияния все вне его находящиеся слои, сколько бы их ни было; это есть одно из следствий закона тяготения, разбираемых в курсах механики, так что работа удаления каждого слоя пропорциональна его масса, т.е..

$$\text{№ 7... } 4\pi\alpha x^2 dx$$

Таким образом, можно положить, на основании № 6, что дифференциал полной работы разложения шара в туман равен

$$\text{№ 8... } dp = 4\pi\alpha x^2 dx * (4/3)\pi k\alpha x^2 = (16/3)\pi^2 \alpha^2 x^4 dx$$

Интегрируя это выражение, найдём

$$\text{№ 9... } p = (16/15)\pi^2 \alpha^2 x^5$$

(постоянная = 0)

Из способа образования тумана, а также из других соображений, не приводимых здесь, видно, что туманность наша в различных точках может иметь плотность весьма разнообразную, также и форма её, будучи бесконечного объёма, может быть совершенно произвольна; ни плотность, ни форма бесконечно разрежённой материи не имеют никакого влияния на количество работы сгущением влиянием тяготения.

Применяя формулу №9 к Солнцу, получим

$$\text{№ 10... } p = 25 * 10^{36} \text{ тонно-метров}$$

На сколько бы времени хватило всей этой энергии Солнца, выделенной в прошедшем, если бы оно и прежде испускало бы то количество энергии, которое оно испускает теперь в виде тепла, света, химической энергии и проч.?

Основываясь на числе Лэнгеля (30), которое показывает сумму калорий (калория – количество тепла, необходимое для нагревания 1 килограмма воды на 1° Цельсия), получаемых квадратным метром освещаемой Солнцем поверхности, нормальной к направлению лучей, в продолжении минуты, и, конечно, на расстоянии Земли – найдём, что ежегодный расход энергии Солнца выразится числом

$$\text{№ 11... } 2 * 10^{30} \text{ тонно-метров}$$

Столько энергии теряет Солнце ежегодно, причём лишь ничтожная часть её падает на планеты в форме лучей, а остальная же громадная часть расплывается в беспредельном пространстве.

Разделим всю энергию работы тяготения (№10) на ежегодный расход (№11), найдём

$$\text{№12... } 25 * 10^{36} : 2 * 10^{30} = 12,5 * 10^6$$

т.е. 12,5 миллионов лет.

Как я уже говорил, возможное изменение температуры при сгущении туманности, равно как физические и химические процессы, не приняты здесь во внимание; скоро я покажу их сравнительное значение. Эти процессы, по всей вероятности, будучи процессами соединения частиц, а не разложения их, равно как и уплотнение массы Солнца к центру, должны бы увеличить кинетическую энергию Солнца, и число лет его сияния.

II. Зависимость работы сгущения от размеров Солнца.

Обратимся к тому давно прошедшему времени, когда солнечный туман, сгущаясь, достиг размеров Солнечной системы, которой, разумеется, в то время не было в её настоящем виде.

Уж не свершил ли в рассматриваемый момент этот гигантский шар большую часть вычисленной нами работы тяготения?

Для решения этой задачи преобразуем формулу №9. Масса Солнца, или туманности, из которой оно образовалось, есть величина постоянная, M , поэтому положим

$$\text{№13... } (4/3)\pi x^3 \alpha = M$$

Откуда

$$\text{№14... } \alpha = \frac{3}{4}M/\pi x^3$$

Исключая α из уравнения №9, получаем

$$\text{№15... } p = \frac{3}{5}kM^2/x$$

Следовательно, работа, совершённая более или менее сгустившейся туманностью, имеющей постоянную массу (M), обратно пропорциональна её радиусу (x). А так как расстояние дальнейшей из известных планет в 30 раз больше расстояния Земли от Солнца, или в 6430 раз больше радиуса теперешнего Солнца, то туманность величинной в Солнечную систему выделила в своём прошедшем работу, в 6430 раз меньшую той, которую уже выделило современное нам Солнце, и которой, по вычислениям хватает на $12\frac{1}{2}$ миллионов лет равномерного лучеиспускания теперешней силы.

№16... Стало быть, сгустилось ли Солнце из туманности, буквально не имеющей границ, или сгустилось оно из туманности, имеющей размеры Солнечной системы – это почти совершенно безразлично в отношении выделенной им энергии.

№17... Составляю таблицу, которая показывает

- 1) относительные размеры Солнца по мере его сгущения;
- 2) соответствующие углы, под которым Солнце видно с Земли;
- 3) энергию, уже выделенную им в пространство;
- 4) энергию, которую ему осталось выделить до получения настоящей, известной нам величины (30); энергия эта выражается чис-

лом тысяч лет горения Солнца; или, точнее, его лучеиспускания, предполагая, что оно постоянно.

Радиусы Солнца в радиусах настоящего Солнца	Угол Солнца с Земли в минутах и градусах	Работа, выделенная в тысячах лет лучеиспускания	Работа остающаяся
6130	-	2	12498
100	-	125	12375
50	-	250	12250
20	10°	625	11875
10	5°	1250	11250
5	2½°	2500	10000
2½	1°	6250	6250
1½	45'	8333	4167
1	30'	12500	0

Основываясь на таблице и на гипотезе равномерного лучеиспускания, или постоянной ежегодичной потере энергии, можно сказать, что:

С того времени, когда диаметр Солнца был в 1½ больше настоящего, или когда он виден был с Земли под углом 45 минут, - с того времени до настоящего, когда Солнце мы видим под углом 30', прошло более 4 миллионов лет, в течение которых планеты и другие окружающие Солнце тела освещались с той же силой, что и теперь; с того времени, когда диаметр Солнца был вдвое больше и казался 1°, до настоящего времени Солнце лучеиспускало 6¼ миллионов лет; тут выделилось уже столько энергии, сколько оно уже выделило от бесконечно давно прошедших времён до начала горения этого одноградусного Солнца. с того времени, когда диаметр был в пять раз больше и Солнце было видно под углом 2½°, оно сияло до настоящего времени десять миллионов лет.

Итак, Солнечная система освещается около десять миллионов лет относительно довольно маленьким Солнцем.

Впрочем, вычисленное нами время сияния Солнца нельзя считать даже приближённым, уже по одному тому, что решительно невозможно предложить, чтобы и необъятный туман и современное Солнце излучали одно и то же количество энергии; быть может холодный туман скупой излучал энергию и Солнечная система в состоянии туманности жила не миллионы а биллионы лет. Могло случиться и наоборот: необъятная туманность, благодаря своей бесконечно большой поверхно-

сти, теряла больше энергии в каждую единицу времени, чем современное Солнце. Тогда процесс сгущения протекал скорее и число лет сияния Солнца следовало бы уменьшить. Здесь нет оснований для точки расчёта.

Те же формулы мы можем применить к решению подобных вопросов относительно планет. Выбираю небесные тела, наиболее различающиеся между собой по размерам, массам и плотностям:

№18

	Радиусы	Работа в тонно-метрах	Время	Время
Солнце	112	$25 \cdot 10^{36}$	12, 5 млн лет	12,5 млн. лет
Юпитер	11	$23 \cdot 10^{31}$	115 лет	11500 лет
Земля	1	$22 \cdot 10^{27}$	4 суток	138 лет
Луна	0,27	$11 \cdot 10^{24}$	2,83 мин.	320 дн.

Первый вертикальный столбец предлагаемой таблицы содержит радиусы небесных тел, причём радиус Земли принят за единицу; второй выражает в тонно-метрах работу тяготения небесных тел, уже совершённую при образовании из их туманностей; третий показывает, насколько лет, суток или минут хватило бы энергии, выделенной при сгущении, если бы планеты испускала то же ежегодное количество энергии, что и Солнце; напр. Земля бы горела всего четверо суток, а Луна – только три минуты. Четвёртый – определяет время лучеиспускания планеты, если допустить, что количество испускаемой энергии в единицу времени пропорционально поверхности небесного тела. Тогда Земля сияла бы, подобно маленькому солнцу, уже не четверо суток, а целых 138 лет, Луна – почти год, а массивный Юпитер 11500 лет.

Предположим, что лучеиспускание небесных тел, равное по интенсивности теперешнему лучеиспусканию Солнца, началось одновременно; тогда, почти мгновенно, потухну и отвердеют аэролиты и астероиды, затем сгорит Луна, Меркурий, Марс и другие малые небесные тела; лет через полтора сгорят Венера и Земля; по истечении 13 тысяч лет такая судьба постигнет остальные большие планеты: Уран, Нептун, Сатурн и Юпитер; а Солнцу ещё осталось лучеиспускать 13 миллионов лет. Если бы всё было так просто, как мы предполагаем, то, конечно, планетная жизнь началась бы около 12 миллионов лет тому назад. Впрочем, здесь основания для числового расчёта слишком слабы, чтобы этот вывод принять безусловно.

III. Роль вращения Солнца в судьбах энергии.

В предыдущем не приняты в соображение ни вращение туманности, из которой образовались небесные тела, ни химическая энергия их, но я сейчас покажу, как мало изменятся приведённые мной числа, для таких тел, как Солнце, или ещё большей массы, если даже принять все эти пропущенные условия в возможно преувеличенном виде.

Солнце теперь имеет вращение, вероятно, потому, что туманность, из которой оно образовалась, имела вращение. Само же собою, т.е. без участия *внешних* сил, Солнце, как и всякое другое тело, не в состоянии приобрести вращательное движение. Но медленное вращение и без участия внешних, т.е. вне туманности находящихся сил, может сделаться очень быстрым, и обратно,

Механика учит, что угловая скорость вращения тела, изменяющего свою форму и размер, но не массу – под влиянием внутренних сил – обратно пропорциональна его моменту инерции. Момент инерции туманного Солнца был громаден, и потому туманность имела бесконечно слабое вращение.

Когда Солнцу оставалось лучеиспускать до настоящего времени 10 миллионов лет, оно имело поперечник в 5 раз больший настоящего. Момент инерции шара постоянной массы, по механике, пропорционален квадрату его радиуса, следовательно, момент инерции тогдашнего Солнца был в 25 раз больше теперешнего момента, поэтому и угловая скорость прежнего Солнца была в 25 раз меньше угловой скорости нынешнего. Оно делало полный оборот вокруг своей оси уже не в 25½ дней, как теперь, а в 637 дней, т.е. почти в 2 года.

Механика также показывает, что работы вращения переменного тела, например, Солнца, обратно пропорциональна моменту инерции его. А так как туманность, какую бы форму она ни имела, должна иметь, благодаря своим размерам, огромный момент инерции в сравнении с моментом инерции современного нам Солнца, то и энергия туманности, зависящая от её вращения, должна быть чрезвычайно мала сравнительно с вращательной энергией настоящего Солнца. Из этого видно, что и абсолютная вращательная скорость всех точек туманности была бесконечно мала, но, по мере сгущения, как абсолютная скорость её, так и живая сила постепенно возрастала. Так работа вращения Солнца 10 миллионов лет тому назад была в 25 раз меньше, чем теперь, а абсолютная скорость частиц, говоря про механическую скорость, в 5 раз меньше,

Так как работы вращения туманности можно считать почти нулём, то спрашивается: из каких же источников получило Солнце свою теперешнюю, довольно значительную, живую силу вращения?

Она всецело приобретена за счёт той работы тяготения, которой, пор нашему вычислению, хватает на $12\frac{1}{2}$ миллионов лет непрерывно-го лучеиспускания теперешней силы.

Часто этой работы пошла на сообщение известного нам вращения Солнца, и последнее, вследствие этого, не в состоянии лучеиспускать $12\frac{1}{2}$ миллионов лет, а несколько менее. Но велика ли работа вращения солнечных частиц? Зная, что экваториальные точки Солнца имеют скорость около 2 километров в 1 секунду, посредством небольшого вычисления найдём, что живая сила Солнца равна

$$\text{№19... } 18 \cdot 10^{31}$$

т.е. она поглотила не более $1/150000$ полной работы тяготения ($25 \cdot 10^{36}$).

Это уменьшит время сияния на 84 года, следовательно, на величину сравнительно ничтожную.

Планеты также приобрели вращение за счёт работы тяготения.

Вращение Юпитера, напр., поглотило $1/38$ часть работы его сгущению из тумана. Вращение Земли поглотило $1/888$ часть работы сгущения Земли.

IV. Сравнение энергии химических процессов с полой энергией Солнца и планет.

Химические процессы должны, конечно, увеличить время лучеиспускания небесных тел.

Наибольшее количество тепла или энергии получает, насколько известно химикам, при соединении водорода с кислородом в пропорции, достаточной для образования воды. При этом на тонну гремучего газа выделяется столько тепла, что его достаточно для нагревания 3830 тонн воды на 1° Цельсия, что соответствует механической работе в 1624000 тонно-метров. При образовании же Солнца из туманности влиянием одного всемирного притяжения одна тонна солнечной массы совершает работу, равную 12126300000 тонно-метров. Следовательно, работа тяготения при сгущении космического тумана в солнечный шар в 7467 раз больше работы сильнейшей из известных нам химических реакций.

Если бы Солнце состояло из гремучего газа, сжатого до плотности Солнца, то оно сгорело бы, допуская постоянный объём его и плотность, т.е. устраняя энергию тяготения, в 7467 раз скорее, чем силой одного этого последнего, если не более, чем в 2000 лет. Впрочем, следует иметь в виду, что энергия сгущения, приходящаяся на единицу массы, вполне зависит от массы и размеров небесного тела, как это можно судить по прилагаемой таблице.

№20.

	Радиусы	Средняя работа сгущения единицы в тонно-метрах	То же для гремучего газа	Отношение
Солнце	112	12126300000	1624000	7467
Юпитер	11	116000000	1624000	71,4
Земля	1	3820000	1624000	2,35
Луна	0,27	160000	1624000.	0,1

Второй столбец приведённой таблицы показывает среднюю работу сгущения массовый единицы (тонны) небесного тела влиянием одного тяготения; числа этого столбца получены делением полной энергии сгущения тела на его массу.

Третий столбец содержит энергию химического сродства тонны гремучего газа; четвёртый – показывает отношение второго к третьему. Из этой таблицы видно, что малые небесные тела на каждую массовую единицу своего вещества выделяют при сгущении влиянием тяготения меньше энергии, чем большие, так что для Луны работа сгущения выделяет энергии уже в 10 раз меньше, чем горение гремучего газа, взятого в массе, равной массе Луны.

V. Общая теория энергии сгущения.

Молекулярная работа, выделяемая или поглощаемая телом при каком-нибудь физическом или химическом процессе, прямо пропорциональна его массе, и на единицу последней приходится постоянное количество тепла или какой-нибудь иной молекулярной энергии. Например, на массовую единицу водяного пара при его сгущении в воду получается 537 калорий, что эквивалентно 227700 тонно-метрам работы; на массовую единицу соединения кислорода и обыкновенного древесного угля, при образовании углекислоты выделяется 2182 калорий, что соответствует 925000 тонно-метрам работы. Не то – с образованием плотной материи из космического тумана, или вообще с явлением сжатия планет в известное число раз. Здесь влиянием одного ньютонова тяготения на массовую единицу сгущённой планеты выделяется энергия далеко не постоянной величины.

Представим себе ряд независимых друг от друга туманностей различных масс; каждая сгущается и выделяет энергию. Допустим, что они сгустились до одной и той же плотности (напр. плотности Земли) и образовали равноплотные по всей массе сферы. Можно доказать в этом случае, что 1) количество энергии, выделенное каждой единицей массы сгустившейся туманности, пропорционально квадрату радиуса образованной сферы; 2) что то же количество энергии, выделяемой

единицей массы при одинаковом уплотнении (напр. в 2 раза) уже образованных сфер, пропорционально также квадрату радиуса образовавшейся планеты; или же массе туманности в степени $2/3$.

1) Действительно, разделив уравнение №9 на массу (M) планеты, найдём

$$\text{№21... } p/M = \frac{4}{5}\pi^2 k a x^2$$

что и нужно было доказать.

2) Далее, уравнение

$$\text{№15... } p = \frac{3}{5}kM^2/x$$

Показывает работу сгущения планеты постоянной массы (M) и переменного радиуса и переменного радиуса (x), положим, что космический туман сгустился до радиуса x_1 , тогда тяготение совершит работу

$$\text{№22... } p_1 = \frac{3}{5}kM^2/x_1$$

Положим, что тот же туман сгустился до радиуса x_2 , который больше чем x_1 , тогда

$$\text{№23... } p_2 = \frac{3}{5}kM^2/x_2$$

Разница между той и другой работами

$$\text{№24... } p_2 - p_1 = \frac{3}{5}kM^2(1/x_2 - 1/x_1)$$

покажет, очевидно, работу от сгущения взятой массы от радиуса x_2 до радиуса x_1 . Разделив почленно уравнение 24 на массу M , которая равна

$$4/3\pi a x^3$$

получим работу, приходящуюся на массовую единицу

$$\text{№25... } (p_2 - p_1)/M = \frac{3}{5}kM(1/x_2 - 1/x_1) = \frac{4}{5}\pi k a x^3(1/x_2 - 1/x_1) = \frac{4}{5}\pi k a x^2(x/x_2 - x/x_1)$$

Из этой формулы найдём, что при постоянстве отношений

$$x/x_1 = a \text{ и } x/x_2 = b$$

а, значит, при постоянстве отношения

$$(x/x_1)/(x/x_2) = (a/b) = x_2/x_1$$

работа массовой единицы планеты пропорциональна x^2 , так что не только при сгущении планеты из тумана, но и при определённом сокращении уже готовой планеты, работа тяготения, приходящаяся на массовую единицу, пропорциональна квадрату её радиуса, т.е. массе в степени $2/3$.

Радиус планеты или масса туманности может быть так велика, что работа сгущения одной её массовой единицы может превзойти коэффициент работы всякой химической реакции; так, мы видели, что масса туманности, из которой образовалось Солнце, так велика, что один фунт солнечного вещества выделял в 7467 раз больше энергии, чем фунт сгоревшего гремучего газа. Наоборот, масса туманности

может быть настолько мала, что энергия сгущения, приходящаяся на единицу её массы, будет ниже энергии, развиваемой самой слабой химической реакцией.

Всегда возможно решить задачу: какой радиус должна иметь планета, чтобы, сгустившись до определённой плотности, массовая единица её выделила энергию, равную энергии данного физического или химического процесса.

Таблица 27 содержит решение нескольких таких задач при сгущении тумана до плотности, равной плотности Земли (5,5).

Например, из первой горизонтальной строки видно, что воображаемая планета, сгущённая силой тяготения из тумана до плотности Земли, при радиусе в 4151 км выделит такое же количество энергии, как равная ей масса сгорающего гремучего газа.

Последняя строка показывает, что при радиусе планеты в 67 километров и при той же плотности (5,5) массовая единица выделяет при сгущении из тумана такое количество теплоты, которое достаточно для нагревания массовой единицы только на 1° Цельсия.

Можно думать, что когда Солнце наше покроется твёрдой оболочкой и потухнет, подобно Земле, другие звёзды, большей величины чем Солнце, но находящиеся в настоящее время в одном возрасте с ним, могут сиять на небе, благодаря работе тяготения, в продолжении ещё многих миллионов лет.

№27

Процесс	Число калорий, выделяемых массовой единицей	Работа единицы в тонно-метрах	Радиус воображаемых планет	Замечания
Гремучий газ H ₂ O	3830	1624000	4151 км	меньше Земли, но больше Марса
Углекислота CO ₂	2182	925000	3133 км	Величиною в Марс, но более Меркурия
Испарение воды	537	228000	1555 км	Несколько больше Луны но плотность Земли

Таяние льда	70	34000	500 км	1/10 радиуса Земли
Нагревание	30° Ц	12700	367 км	1/17 радиуса Земли
Нагревание	1° Ц	424	67 км	Около 1/100 радиуса Земли

В самом деле, время лучеиспускания T равно работе сгущения звезды

$$\text{№ 9... } p = (16/15)\pi^2\alpha^2x^5 = Ax^5 \quad (A - \text{постоянное число})$$

делённой на работу годового лучеиспускания, которая пропорциональна поверхности звезды

$$Bx^2, \text{ где } B = 4\pi$$

Следовательно,

№28

$$T = Ax^5/Bx^2 = (A/B)x^3$$

Т.е. время лучеиспускания звезда пропорционально кубу её радиуса, или её массе.

Причина сияния небесных тел заключается, вероятно, и в работе тяготения, и в химической энергии; для масс, подобных Солнцу, можно пренебречь химической энергией, для малых же масс можно пренебречь работой тяготения; так, сгущение силой тяготения туманности, имеющей при обращении в планету плотности Земли в поперечнике 134 километра, сопровождается энергией, едва достаточной для того, чтобы нагреть равную ей массу воды на 1о Цельсия.

В нашей обыденной жизни мы имеем в обращении множество предметов, взаимного притяжения которых мы совсем не замечаем, так что ньютоново тяготение для них как бы не существует; напротив, другие их физические и химические агенты энергии нам резко кидаются в глаза.

Но та самая сила тяготения, которая притягивает два человеческих существа с напряжением, далеко не достаточным для разрыва паутинки, и потому пренебрегаемая нами – та сила заставляет пылать Солнце и звёзды в продолжении многих миллионов лет.

VI. Практическая проверка теории сжатия Солнца.

По принятой нами гипотезе, для покрытия расходов лучеиспускания Солнца вся его масса должна сдаваться к центру и, значит, объём его и диаметр с каждым годом неминуемо должны уменьшаться. Результатом этого приближения солнечных частиц к центру будет ускорение вращательного движения Солнца, которое, как известно, совер-

шает один оборот вокруг оси в $25\frac{1}{2}$ дней. Астрономы не замечают ни уменьшения диаметра, ни ускорения вращательного движения Солнца; мы попытаемся сейчас разъяснить это противоречие.

1) Сокращение Солнца. Выведем формулу, которая даст возможность вычислить, насколько должно Солнца сдаваться к центру, чтобы покрыть этим сжатием расход энергии, выражающийся числом $2 \cdot 10^{30}$ т.м. (№11) в год. При этом, ту часть работы, которая пойдёт на ускорение солнечного вращения, отбросим, как очень малую величину. Дифференцируя – уравнение №15, получим -

$$\text{№29... } dp = -\frac{3}{5}(k/x^2)M^2 dx$$

или

$$dp = -\frac{3}{5}(k/x)M^2 dx/x$$

откуда

$$\text{№30... } dx = -(5/3)(x^2/k)(dp/M^2)$$

Вычисление упростится, если мы заметим, что в уравнении №29 множитель

$$\frac{3}{5}(k/x)M^2 = 16/15)\pi^2 k \alpha^2 x^5$$

и для Солнца уже был вычислен, причём оказался равным $25 \cdot 10^{36}$.

Конечно, не одни наружные точки Солнца, но и внутренние приближаются к центру, хотя и проходят меньшее расстояние с меньшей силой. По выведенной формуле найдём, что для покрытия расходов лучеиспускания в 1 год Солнце должно спадать на 59 метров, в сутки на 162 миллиметра, что соответствует скорости движения конца часовой стрелки дамских карманных часов. В 2000 лет это спадение солнечной поверхности составит 118 км, или $1/6042$ часть солнечного радиуса; так что астрономы могли бы заметить уменьшение видимого диаметра Солнца за 2000 лет лишь на 0Ю3 угловой секунды. Даже при теперешнем высоком состоянии измерительной техники такую разность уловить довольно трудно; одно вспомним, что первые грубые зрительные трубы составлены в 1606 году, и только 5 лет спустя Кеплер мечтает о применении их к измерению углов. Значит, мы имели возможность сколько-нибудь точно наблюдать Солнце лишь не более 300 лет, а за этот период угловое изменение диаметра Солнца составит $1/22$ секунды, т.е. $0,045''$ – только в 6600 лет диаметр Солнца уменьшится на 1 секунду. Понятно после этого, что при такой медленной агонии Солнце не очень-то скоро похудеет для глаза наблюдателя. Значит, подтверждения или опровержения этой теории мы должны ждать по крайней мере тысячи лет.

2). Вращение Солнца. Оно открыто было Галилеем в 1610 году: он увидел через свою слабую зрительную трубу солнечные пятна и

заметил их движение от востока к западу. По этим пятнам позже было определено время полного обращения Солнца в $25\frac{1}{2}$ суток

Впрочем, следует иметь в виду, что солнечные пятна так же непостоянны по форме и времени существования, как, напр., и земные облака; они так же, как и последние, имеют собственное движение по солнечной поверхности, почему вышеприведённое время обращения Солнца следует считать лишь средним – в отдельных же случаях время обращения Солнца, определяемое по наблюдениям пятен, колеблется между 25 и 27 суток, являясь величиной непостоянной.

Посмотрим теперь, не могут ли непосредственные наблюдения изменения периода обращения Солнца выдать падение его диаметра.

Угловая скорость вращения обратно пропорциональна моменту инерции тела, т.е. в случае шара – квадрату радиуса его (одна из простых задач механики); следовательно, время обращения T_0 пропорционально квадрату радиуса (x) Солнца. Поэтому можем положить

$$\text{№31... } T_0 = A \cdot x^2$$

Когда (x) равно радиусу (x_1) Солнца. То

$$T_0 = T_1 = 25\frac{1}{2} \text{ суток}$$

Значит,

$$\text{№ 32... } A = T_1/x_1^2 \text{ и } T_0 = T_1 x^2/x_1^2$$

Дифференцируя последнее уравнение относительно x и затем полагая $x = x_1$, найдём

$$\text{№33... } dT = 2T_1 x dx/x_1^2 = 2T_1 dx/x_1$$

На основании этих формул мы найдём, что в течение 300 лет время обращения Солнца уменьшится всего только на 109 секунд времени, или менее, чем на 2 минуты.

А потому ускорения солнечного вращения, колеблющегося между 26 и 27 суток, астроному абсолютно не могли заметить.

Первая горизонтальная строка приводимой ниже таблицы №34 показывает время в годах, а вторая – соответствующее ему уменьшение времени полного обращения Солнца в секундах, минутах и часах (в будущем).

№34

1	100	300	1500	10000	50000	100000	годы
0,36 с	36 с	1м48с	6м50с	1ч1м	5ч4м	10ч8м	

Из таблицы видно, что время обращения изменится на 5 часов только через 50000 лет, поэтому при существующей точности наблюдений и по существу самой измеряемой величины – периода обращения Солнца – решительно нет надежды, по крайней мерев недалёком

будущем, уловить изменение диаметра Солнца на основании изменения скорости его обращения.

Итак, лучеиспускание, как результат работы тяготения, как результат уплотнения Солнца не имеет против себя никаких ни теоретических ни практических возражений.

VII. Гипотеза Майера.

В заключение нельзя не упомянуть о падении аэролитов на солнечную поверхность, которое также может служить источником энергии Солнца (Майер), как и сжатие Солнца (Гельмгольц).

Что аэролиты падают на Солнца в этом нельзя усомниться, так как они падают на Землю.

Но можно усомниться вот в чём: достаточно ли их падает для покрытия расходов лучеиспускания Солнца, как это думал Майер.

Нетрудно прийти к отрицательному заключению следующим образом.

Работа удаления в бесконечность от солнечной поверхности массовой единицы (тонны), по №6, равна

$$p = (4/3)\pi k a x^2$$

следовательно и наоборот, массовая единица, падающая на солнечную поверхность, выделяет энергию согласно №6. Обозначая толщину аэролитов плотности воды, падающего на светило через J, найдём, что работа этого слоя аэролитов равна

$$\text{№36... } 4\pi x^2 J (4/3)\pi k a x^2 = (16/3) J \pi^2 k a x^4$$

т.е. массу слоя мы умножили на работу единицы этой массы (№6).

Предполагая, что падение это ежегодное, мы должны приравнять эту работу работе ежегодного лучеиспускания, т.е. по №11

$$\text{№37... } (16/3) J \pi^2 k a x^4 = 2 * 10^{30}$$

Зная же, что

$$(16/15) \pi^2 k a^2 x^5 = 25 * 10^{36} \text{ (№№ 9 и 10)}$$

найдем

$$\text{№38... } \pi^2 k a x^4 = 15 * 25 * 10^{36} / 16 a x$$

Из №37 и №38 получим:

$$\text{№39... } J = 2 a x / (125 * 10^6)$$

По этой формуле, зная x - радиус Солнца, и ax - его плотность, вычислим J = 15 метров. Иначе говоря, на каждый квадратный метр поверхности Солнца должен ежегодно падать камень весом 15 тонн, или 100 пудов с лишком.

Эта масса аэролитов, прежде чем упасть на Солнце, проходит, между прочим, и воображаемую сферу, имеющую центром Солнце и

касающуюся Земли. На так как поверхность сферы в 48400 раз больше поверхности Солнца, то и падение аэролитов в ней должно быть в 48400 раз реже, так что 15 тонн приходится на 48400 кв. метров её области, или на 193600 кв. метров поверхности Земли, ибо её поверхность в 4 раза более наибольшего сечения её воображаемой сферы.

На основании этих числовых выводов найдём, что на квадратный сажень Земли ежегодно падает аэролит весом почти в 1 фунт; следовательно, на каждый двор, имеющий в длину и ширину по 14 сажень (ширина улицы), должен падать ежедневно аэролит весом в $\frac{1}{2}$ фунта. Вывод, совершенно несогласный с наблюдениями.

Итак, хотя и нельзя отрицать, что падение аэролитов на Солнце служит к поддержке его лучеиспускательной силы, но ни в коем случае нельзя допустить, что этим падением покрываются расходы лучеиспускания нашего светила, в противном случае мы придём в выводу, очевидно неясному¹.

VIII. Сжатие и горение Солнца как два параллельных процесса.

Как ни ничтожна роль химических процессов в судьбах энергии, однако отрицать их влияние в процессах сгущения Солнца невозможно. Рассмотрим, в чём могла бы выразиться их роль в настоящем Солнце, приём для упрощения нашей задачи вообразим, что Солнце состоит из гремучего газа.

Если бы не было тяготения, то Солнце сгорело бы в какие-нибудь две тысячи лет. Но, во-первых, существует тяготение, во-вторых, упругость паров воды (H₂O) несравненно меньше (раза в полтора) упругости гремучего газа; поэтому Солнце влиянием тяготения должно значительно уплотниться, а это уплотнение, по предыдущему, вызывает громадное количество частичной энергии. Вот эта частичная энергия, или повышение температуры, вновь разлагает водяной пар на кислород и водород.

¹ Прим. редактора кружка. Фауе в своём сочинении *Sur l'origine du monde* несколько иначе и более ярко доказывает несостоятельность гипотезы Мейера. Для покрытия расходов по лучеиспусканию на Солнце должно падать такое количество метеоров, которое составит $\frac{1}{26000000}$ часть массы Солнца. За 2000 лет, которые отделяют нас от времён лучших александрийских наблюдателей, масса Солнца, таким образом, увеличилась бы на $\frac{1}{13000}$ своей величины – изменение настолько значительное, что оно неминуемо сказалось бы в уменьшении времени обращения планет около Солнца, чего, однако, не наблюдается, при сравнении современных данных с александрийскими. (*Sur l'origine du monde*, pg. 222, 2-nd ed.).

Разумеется, такого скачка на самом деле быть не может, частицы газов стремятся соединиться, вследствие чего материя Солнца стремится уплотниться и уменьшить свой объём – а энергия, выделяющаяся при работе тяготения, препятствует этому соединению и уплотнению. Но лучеиспускание непременно разгоняет скопляющуюся энергию, и упругость газов или паров падает; это уменьшение упругости есть шаг к химическому соединению, так что частицы всё-таки соединяются, с тем, чтобы выделив известное количество энергии, задержать и дальнейшее химическое соединение и самую работу тяготения. Таким образом, благодаря совместному действию тяготения, процессам химического соединения и лучеиспусканию две тысячи лет горения Солнца растягиваются на десятки, сотни... миллионов лет.

Также сгушался и космический туман, который, вероятно, есть крайняя степень разрежения материи и крайняя степень её упругости и – кто знает? – может быть, это был эфир, наполняющий пространство, между теперешними небесными телами. Бесконечная упругость космического тумана давала ему громадный объём и поразительно малую плотность. Первые, быть может, молекулярные соединения атомов этого первобытного вещества образовали первые сложные тела, коэффициент упругости которых должен быть меньше упругости неразложимого тумана.

Вследствие уменьшения упругости, туман мог сгуститься, но быстроте этого сгущения препятствовала энергия процесса сгущения (работа тяготения). Из сложных тел первого порядка образовались, быть может, сложные тела второго порядка, что опять вызвало сгущение тумана и выделение как химической энергии, так и энергии тяготения, которая также превращалась в химическую энергию и выделялась в мировое пространство лучеиспусканием..

Может быть сума этих последовательных неизвестных нам химических процессов развивала энергию, которая аналогично превышает энергию соединения веществ гремучего газа и увеличивала время лучеиспускания не на две тысячи лет, а гораздо более, об этом судить трудно.

IX. Чего мы можем ждать от Солнца в будущем.

Не только Солнце, звезда или планета, но даже всякое маленькое земное тело можно было бы считать неисчерпаемым источником энергии, если бы допустить, что оно в состоянии бесконечно уплотняться. Это следует из уравнения № 24. Положив в нём $x_1 = 1/\infty = 0$, найдём, что энергия, подлежащая выделению, при уплотнении от ра-

диуса x_2 до x_1 равна бесконечности (2), как бы ни была мала масса (M) тела.

Эта энергия есть результат того же ньютонова притяжение, которое удерживает планеты близ Солнца и не позволяет Земле удалиться от тёплого очага в холодное пространство; упрямая Земля, побуждаемая силой инерции, тотчас бы ушла, если бы е доброе Солнце, которое держит этого волка на цепи, и насильно согревает, одевает и кормит.

Всякая планета, или всякий равноплотный шар, маленький или большой, данного радиуса, уплотняясь в восемь раз, или, что то же, уменьшая своё диаметр вдвое, выделяет такое же количество энергии, какое он уже выделил, когда из тумана получил вид плотного шара данного радиуса.

Для уравнение №24 на уравнение №23, получим

$$(p_1 - p_2)/p_2 = x_2/x_1 - 1$$

Полагая $x_2/x_1 = 2$, найдём, что соотношение работы уплотнения ($p_1 - p_2$) к работе сгущения тумана (p_2) равно единице, что и нужно было доказать.

Например, если Солнце уменьшит свой поперечник вдвое, т.е. до 15 угловых минут, и, значит, уплотниться равномерно в 8 раз, так что его плотность будет равна плотности свинца (11), то оно должно выделить энергию (благодаря работе одного тяготения), в количестве, достаточном для неослабевающего лучеиспускания в течение $12\frac{1}{2}$ миллионов лет.

Новое уплотнение в 8 раз (плотность 88), когда радиус уменьшится опять вдвое, вызывает энергию, равную всей выделенной, т.е. в таком количестве, которого хватило бы на 25 миллионов лет равномерного излучения энергии. Всё же это составит 50 миллионов лет. И так до бесконечности².

Таким образом, приписывая физическому телу способность безгранично сжиматься, мы должны были бы признать его бесконечным источником энергии; Солнце при таких условиях могло бы светить вечно. Но наши математические вклады узко ограничены известными

² Рассматривая формулу №36, можем найти иное выражение для определения энергии уплотнения силою всемирного тяготения, именно, при уменьшении радиуса планеты в n раз, выделяется энергия, которая в $n-1$ раз больше уже выделенной в пространство энергии при образовании планеты из космического тумана. Так, уменьшение поперечника Солнца в 21 раз вызывает энергию в 20 раз больше уже выделенной. Значит, её хватило бы на 500 миллионов лет равномерного лучеиспускания ($12\frac{1}{2}$ милл.*20).

свойствами физических тел, так как на практике все тела имеют определённую плотность; мы, например, не видим тел плотнее осмия (21,4).

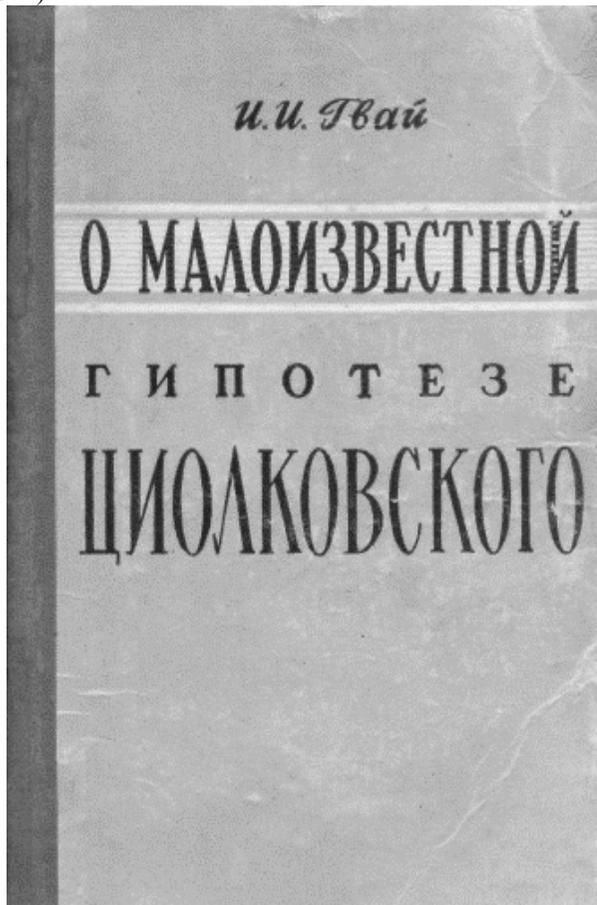
Для решения задачи о времени будущего лучеиспускания Солнца, примем некоторые ограничения: планеты, по мере приближения к Солнцу, имеют всё большую и большую плотность, однако само Солнце имеет, сравнительно со своим центральным положением, плотность очень малую (1,37 воды), что можно объяснить его высокой температурой и упругостью вещества, не успевшего ещё образовать сложных тел, мало упругих; допустим, что Солнце, потухая и покрываясь корою, подобно планетам, достигнет и плотности этих последних; напр. плотности Земли (5,5), или плотности Меркурия (6,7), т.е. будет по крайней мере в 4 или 5 раз плотнее настоящей своей плотности (1,37), хотя, ввиду центрального положения светила мы могли бы рассчитывать на возможность большего его уплотнения. При четырёхкратном уплотнении работа тяготения выражается, по вычислению, 7375000 годами непрерывного и равномерного лучеиспускания. Это с $12\frac{1}{2}$ миллионами лет составил около 20 миллионов лет. Тогда радиус Солнца уменьшится на 0,37 своей теперешней величины и будет наблюдаться с Земли под углом в 9,5 минут. Итак, по принятым основаниям, в будущем Солнце ждёт медленная агония.

Комментарий. Циолковский в этой работе использовал теорию Гельмгольца-Кельвина, по которой гравитационное сжатие Солнца (и планет) является источником его нагревания и излучения. Хотя излучение Солнца, как ныне известно, является результатом термоядерных реакций, но положение, что сжатие представляет собой источник тепловой энергии, признаётся наукой. Так, Юпитер излучает примерно на 60% больше энергии, чем он получает от Солнца, и этот факт объясняется его гравитационным сжатием.

Проделанный Циолковским в этой статье подсчёт энергии, выделяемой при работе тяготения, даёт дополнительную аргументацию к его более поздней критике *второго закона термодинамики*. А именно: этот закон был установлен при определённых идеализациях физических условий – но при тех же идеализациях тело может сжиматься, под действием тяготения, в точку, что повлечёт за собой, по приведённым выше расчётам, выделение *бесконечного* количества энергии – и, значит, о "тепловой смерти Вселенной" придётся забыть. Если же *ограничить* эти идеализации – например, некоторым (новым) физическим законом, запрещающим телам сжиматься на расстояние меньше некоторого кванта l , то нет никакой уверенности, что эти ограничения или этот новый закон не повлияют на второй закон термодинамики. Кстати, так и происходит в реальности, когда новые физические явления, подчиняющиеся

новым физическим законам – типа взрывов сверхновых звёзд, или излучения квазаров – дают новые мощные источники энергии.

На труды Циолковского в области взаимопревращения разных форм энергии было обращено особое внимание в конце 1940-х начале 50-х гг. в работах П.К. Ощепкова (позже директора Научно-исследовательского института интроскопии). И.И. Гвай, сотрудник возглавляемой тогда П.К. Ощепков лаборатории, исследовал, по его поручению, архив К.Э. Циолковского. По итогам этой работы были опубликованы книги «К.Э. Циолковский о круговороте энергии» (1957 г.), «О малоизвестной гипотезе К.Э. Циолковского» (1959 г.).



Продолжительность лучеиспускания Солнца. Давление внутри звезд (солнца) и сжатие их в связи с упругостью материи

К.Э. Циолковский; «Научное обозрение», СПб, №7, 1897, 46-61

I.

Мы не имеем никакого понятия о законе распределения вещества в массах небесных тел; одно только очевидно: постепенно возрастание плотности небесного тела по мере приближения к его центру. Тут две причины: более плотные вещества опускаются книзу – к центру солнца или планеты; кроме того, эти самые вещества еще более уплотняются, благодаря страшному давлению, которому они подвергаются в центральных частях небесного тела.

Когда температура тела еще достаточно высока, как например, солнца, все вещества, находясь в жидком или газообразном состоянии, имеют полную возможность расположиться по естественному закону плотностей. Затем, когда некоторое понижение температуры в связи с страшным давлением обращает многие из них в твердое состояние, упомянутый закон не должен нарушиться, и его, в общих чертах, мы можем, значит, применять и к таким телам, как Луна, Земля и другие небольшие планеты. Весьма вероятно, что в центрах их лежат громадные массы иридия, платины, золота, или тел еще более плотных, но неизвестных нам; на этих массах толстыми сферами располагаются вещества все менее и менее плотные, по мере их приближения к поверхностям планет. За металлами следуют более легкие соединения их с металлоидами; наконец, - вода и воздух. Слои металлов и других веществ, конечно, не разграничены строго: в промежутке между ними, вероятно, расположены их сплавы и соединения. Кроме того, все вещества, когда еще были в парообразном состоянии, проникали отчасти друг в друга. Даже пары самых плотных веществ доходили, в крайне, разумеется, незначительном количестве, до наружных пределов Солнца или раскаленной планеты. Эти пары, посредством спектроскопа, мы видим теперь на Солнце, и эти сгустившиеся в крупинки пары мы собираем теперь на поверхности Земли (золото в россыпях).

Одно обстоятельство должно препятствовать отчасти сгущению вещества, опускающегося в газообразном состоянии к центру Солнца; именно повышение температуры его при переходе от низшего давления к высшему. Это подобно тому, как воздух, при своих вертикальных передвижениях, то нагревается, то охлаждается, смотря по тому, опускается он или подымается: повышение же температуры, при

опускании воздуха, увеличивает его упругость, препятствуя отчасти сжатию.

Такие передвижения паров и газов в массе солнца должны дать страшную разницу температур между внутренними и наружными частями небесных тел. Но, если бы их и не было – все равно температура центральных частей всякого солнца и всякой планеты должна быть выше их периферии.

В самом деле, вообразим себе где-нибудь внутри планеты быстро вибрирующую частицу материи; пусть температура одинакова, т.е. все частицы вибрируют с одинаковой скоростью. Возможно ли при этом равновесие? Никогда. Действительно, поднимаясь, наша вибрирующая частица уменьшает скорость своего движения и понижает в теле температуру той частицы, от которой оно отталкивается, чтобы лететь вниз. Опускаясь, наша частица увеличивает скорость своего движения и повышает тем температуру той частицы, от которой она отталкивается, чтобы лететь вверх. Чтобы было равновесие, необходимо, чтобы две частицы при встрече, имели одинаковую скорость, но ведь, вообще, одна поднимается, а другая опускается; стало быть, скорости, а, следовательно, и температуры их, когда они разойдутся, будут разные. Отсюда даже получаем способ для определения разности температур двух слоёв воздуха, жидкости или твердого тела. Однако и при этом условии равновесие не будет соблюдено, потому что страшно нагретые центральные области планеты будут передавать свою теплоту менее нагретым частям, путем лучеиспускания и теплопроводности. Таким образом, разность температур будет меньше, чем это следует из нашего грубого представления. Кроме того, для каждого слоя она будет различна, в зависимости от *степени* теплопроводности и теплопрозрачности его.

Если бы масса небесного тела была распределена равномерно, так что плотность его была бы везде одинакова, как снаружи, так и в центре, то давление в последнем было бы меньше, чем при непрерывном уплотнении к центру.

Определим это наименьшее давление в центре светила.

Еще Ньютон доказал, что притяжение внутри равноплотного шара пропорционально удалению от центра шара и равно

$\frac{4}{3}\pi D p_1 r$, где r есть расстояние рассматриваемой массы от центра планеты, D - её плотность, p_1 - притяжение единицы массы единицей массы на расстоянии единицы; расстояние между этими сферическими массовыми единицами считается от их центров; или самые массы предполагаются сосредоточенными в две точки.

Вообразим себе от центра солнца до его поверхности прямолинейный столб, нормальное сечение которого есть квадратная единица; тогда, очевидно, дифференциал давления (F) этого столба на центр солнца выразится

$$\text{№2... } dF = -(4/3)\pi p_1 D r (D dr) = -(4/3)\pi p_1 D^2 r dr$$

откуда, интегрируя, получим

$$F = -(4/3)\pi p_1 D^2 r^2 = -2/3\pi p_1 D^2 r^2 + c$$

Давление (F) у поверхности, конечно, нуль, причем $r = r_1$, т.е. радиусу солнца; на этом основании, из уравнения №2, найдем постоянное c .

$$\text{№3... } c = 2/3\pi p_1 D r_1^2$$

Вставляя его в уравнение №2, получим:

$$\text{№4... } F = 2/3\pi p_1 D^2 (r_1^2 - r^2).$$

Центральное давление определим из этой формулы, если положим в ней $r = 0$; именно:

$$\text{№5... } F_1 = 2/3\pi p_1 D^2 r_1^2. \text{ Или, условно, №5... } F = 2/3\pi p_1 D^2 r^2.$$

Отсюда следует, что центральное давление пропорционально квадрату плотности планеты и квадрату ее радиуса.

Так, принимая, что плотность Солнца вчетверо меньше плотности Земли, а радиус (r) его в 110 раз больше радиуса последней, найдем, по этому закону, что давление в центре Солнца в 750 раз больше, чем в центре нашей планеты.

Интересно знать, как увеличивается центральное давление светила при его сжатии, без изменения массы (M).

Масса его выразится формулой

$$\text{№6... } M = (4/3)\pi D r^3$$

С ее помощью мы можем выключить из уравнения №5... r или D , по желанию. Сделаем то и другое. Получим:

$$\text{№7... } F = (3M^2 p_1) / (8\pi r^4)$$

$$\text{№8... } F = p_1 D \sqrt[3]{\pi M D / 6}$$

Из первой формулы следует, что центральное давление внутри солнца, при его сжатии, прямо пропорционально четвертой степени уменьшения его линейных размеров (r); так, если бы диаметр нашего солнца, от сжатия, уменьшился вдвое, то центральное давление увеличилось бы в 16 раз ($2^4=16$); если бы вдесятеро, то в 10.000 раз. Из другой формулы (№8) видна зависимость этого давления от возрастания плотности неизменного по массе (m) светила. Именно видно, что центральное давление (F) возрастает не только пропорционально сжатию (d), но даже быстрее: F пропорционально $D^3 \sqrt{D}$.

Так, если бы Солнце уплотнилось в 8 раз (отчего поперечник его уменьшится только вдвое), то центральное давление увеличилось бы в 8 раз и еще в 2 раза ($\sqrt[3]{8} = 2$).

Отсюда можно сделать чрезвычайно любопытные выводы.

Масса Солнца страшно накалена, особенно в центре; но известно, что все тела в накаленном состоянии превращаются в газы, или перегретые пары, почти строго следующие закону Мариотта-Бойля относительно сопротивления сжатия. Не можем ли мы на этом основании, с некоторой степенью вероятности, считать массу Солнца газообразной и подчиняющейся, при определенной достаточно высокой температуре, вышеупомянутому закону: плотность газа пропорциональна производимому на него давлению? Давление же в центре светила, по уравнению №8, возрастает быстрее сжатия (D). Вместо центрального давления (F) можем взять какое-нибудь среднее, где-нибудь между центром Солнца и его поверхностью; и такое среднее давление выразится той же формулой. Итак, видим: *предполагая для вещества Солнца и других подобных звезд, в силу чрезвычайной накаленности, закон Мариотта-Бойля, найдем, что, при постепенном сжатии их и соответствующем рассеянии энергии сгущения, давление (F) возрастает быстрее сжатия (D) и потому начавшееся уплотнение никогда не может кончиться; мало того, чем более сокращается светило, тем скорее идет процесс сгущения, потому что тем более перевес давления (от тяготения) над силой упругости вещества.* Спрашивается, почему же, на этом основании Солнце и другие звезды не сгустятся почти моментально в точковые безумно-сияющие массы?

Препятствий этому несколько, например:

1) Сгущение массы Солнца, производимое с ужасной силой, выделяет громадную работу, которая превращается в молекулярное движение, т.е. в тепло, повышающее температуру солнца, а стало быть, и упругость его вещества – до тех пор, пока упругость эта не уравновесит давление от тяготения. Вычисления показывают, что достаточно сравнительно незначительного сокращения солнечного диаметра, чтобы температура поднялась на тысячи градусов выше нормы. И этого, быть может, вполне довольно, чтобы замедлить сгущение.

2) Другая причина – известная медленность охлаждения небесного тела. Небесные тела, окружённые космическим эфиром, могут охлаждаться только лучеиспусканием. Лучеиспускание же это опять-таки отнимает ежегодно сравнительно очень маленькую часть работы сгущения, отчего оно и идет довольно медленно. Незначительные по объему небесные тела, у которых внутреннее давление не так велико,

покрытые корой, почти не проводящей тепло и абсолютно не выпускающей свет, не могут выделять энергию сжатия, почему не могут и сжиматься. Они сжались настолько, насколько нужно, чтобы увеличенная от сжатия и повышения температуры упругость вещества уравновесила внутреннее давление.

3) В этом состоит третья причина, замедляющая и даже останавливающая сжатие небесных тел на громадные периоды времени: несмотря на чрезвычайно высокую температуру внутри планет или Солнца, на поверхности его могут образоваться вещества чрезвычайно тугоплавкие, способные существовать в твердом виде и при температуре солнца; новообразованная кора эта сначала только немного замедляет охлаждение тела, затем, по мере ее утолщения, - все более и более; далее она становится темной, покрывается наносомами, размельченными частицами, покрывающими планету, как теплой шубой, окончательно прекращающей выделение энергии и сжатие, - светило замирает. Не так ли замирали наши планеты, несмотря на внутреннюю ужасающую, но скованную температуру?

4) Вращение звезд (солнц) представляет также обстоятельство, препятствующее неограниченному их сжатию. Едва ли есть хоть одна звезда, не имеющая вращения; сжатие звезды ускоряет его; центробежная сила, происходящая от вращения, берет все более и более перевес над силой тяготения, сжимающей сначала солнце в гигантский шар. По мере сжатия звезды, по мере уплотнения ее вещества, он все более и более сжимается по направлению оси вращения, превращаясь в лепешку. Но и равновесие такой лепешки, в большинстве случаев, нарушается и она разрывается на две неравные части, превращающиеся в две звезды, быстро крутящиеся одна вокруг другой. Может быть, так и образовались «двойные» звезды. Может быть, то же будет и с нашим Солнцем; оно раздвоится, станет двойной звездой и планеты нашей системы будут иметь два солнца, как это уже есть во множестве других уголков мира.

Это расплющивание звезды уменьшает среднее давление, которому подвергается ее масса; то же делается и от раздвоения светила.

Теоретически, раздвоенное светило может вновь раздвоить свои части. Такие последовательные раздвоения уменьшают внутреннее давление и делают его более соответствующим упругости вещества.

5) Наконец, есть и еще причина и даже самая главная: именно, действительно ли вещество, даже чрезвычайно накаленное, превращается в пар и следует закону, Мариотта-Бойля при том невообразимом давлении, которому оно подвергается внутри звезд? Есть основание

предполагать, что большая часть земного шара состоит из твердых веществ, несмотря на несомненно высокую температуру, которую они имеют в глубинах Земли.

Стало быть, высокое давление, несмотря на толь же высокую температуру, способно расплавленные тела, а может быть и всякие жидкости, пары и газы превращать в твердое состояние, при каковом, понятно, едва-ли можно применять закон Мариотта.

В самом деле, упругость жидких и твердых тел, т.е. сопротивление их сжатию, представляется нам чуть не беспредельной. Каковой она и считалась долгое время (Флорентийские академики); только сравнительно недавно (1762 г., Кантон) убедились в их сжимаемости. Затем уже многие ученые производили опыты над сжимаемостью многих тел, даже стали. К описанию полученных результатов в применении к нашим целям мы и приступим, заимствуя все основания из книги профессора Тета (Tait, есть русский перевод) «*Свойства материи*».

Возьмем, напр., воду при обыкновенной температуре. Большинство экспериментаторов нашли ее сжимаемость в 48 миллионных долей на атмосферу (0,000048), т.е., приблизительно, при давлении в 1 атмосферу, вода сжимается на 1/20.000 первоначального объема. Перкинс (1826 г.) нашел, производя давление до 2.000 атмосфер, что сначала сжатие воды идет несколько быстрее, затем медленнее, колеблясь, однако, весьма незначительно (от 60 до 42 миллионных). Однако, другие исследователи – Эрстед, Реньо и Калльете, производя давление до 705 атмосфер, нашли сжатие довольно постоянным и равным около 0,000048 на атмосферу (давление атмосферы = 103,36 кило на 1 кв. дц). Чем же в таком случае вода отличается от газов: *воздух, содержащийся в пузыре или в цилиндре с поршнем, и уравновешенный давлением внешнего воздуха (атмосферы), подчиняется при сжатии совершенно тому же закону, как и вода?* Разница только та, что воду сжимали лишь на 1/10 ее первоначального объема (Перкинс), воздух же и другие газы можно сжать в 100 даже в 1000 раз. Имеем ли мы право утверждать, что вода сжимается только до известного предела, напр., до 1/10 ее первоначального объема?

Очень может быть, что предел этот существует, но во сколько сотен или тысяч раз при этом сократится объем воды, мы не знаем; не знаем также, какое состояние примет такая сгущенная вода: обратится ли она в твердое тело или в особую жидкость с увеличенной упругостью, - но опять-таки со свойствами газа сжиматься пропорционально давлению. Мы знаем только одно: насколько позволяют опыты, мы видим, что свойства воды аналогичны свойствам газов.

Принимая эти свойства, вычислим, что вода сжимается вдвое при давлении в 2 миллиона килограмм на 1 кв. дециметр ее поверхности, или при давлении вертикального столба воды в 200 верст высоты!

Сгустите водород до плотности воды, и он выкажет даже большую упругость, чем вода; действительно, небольшие расчёты покажут нам, что в этом случае давление водорода будет равно (сохраняя теоретически для него свойства газа) 2,3 миллиона килограмм. на кв. дц. сжатого газа.

Воздух, при тех же условиях, выкажет давление в 14 раз меньшее водорода. Итак, упругость жидкостей, даже в количественном отношении, не особенно отличается от упругости постоянных (т.е. я хочу сказать: теоретических) газов.

Давление в центре Земли (на основании предыдущего и формулы №5) способно теоретически сжать воду в 90 раз, т.е. сделать ее в 9 раз плотнее серебра. Центральное давление Солнца еще может увеличить эту плотность (минимум) в 750 раз, доведя ее до плотности 67500 плотностей воды в обыкновенном состоянии.

Заметим, что, для вычисления давлений в центрах планет и звезд в формуле №5 $p_1 = 1.433 \cdot 10^6$ килограммов силы для расстояния в 1 дециметр двух шаровидных тел, каждое из которых имеет массу в 1 килограмм.

Формулу №5 легко преобразовать, ради упрощения вычислений: действительно, означая притяжение у поверхности небесного тела через ps , найдем коэффициент

$$\text{№9... } p_1 = 3ps / (4\pi Dr).$$

Выключая теперь его из №5, получим

$$\text{№10... } F = \frac{1}{2} Dpsr.$$

По ней узнаем, например, давление в центре Земли: $180 \cdot 10^6$ килограмм на 1 кв. дц.

II.

Ну, а как же твёрдые тела? Неужели и они сжимаются с такой же легкостью, как водород или вода? Взгляните на следующую таблицу, составленную мной на основании того, что дает профессор Тет в своей книге: «Свойства материи».

Таблица № 11.

Воздух	100	52000	1	1/13
Водород	100	2328000	14	1 1/13
Водяной пар	100	260000	1,7	1/8 – 1/9
Вода	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	13	1
Стекло	$30 \cdot 10^6$	$10 \cdot 10^6$	65	5

Медь	$160 \cdot 10^6$	$18 \cdot 10^6$	117	9
Железо	$150 \cdot 10^6$	$18 \cdot 10^6$	117	9
Сталь	$190 \cdot 10^6$	$25 \cdot 10^6$	162	$12\frac{1}{2}$

Первый вертикальный столбец этой таблицы показывает в килограммах то давление, которое нужно приложить, при обыкновенных условиях, т.е. при давлении одной атмосферы, на каждый квадратный дециметр поверхности вещества, чтобы сжать его вдвое. Второй показывает то же давление, но приведенное к единице плотности (вода). Третий указывает отношение этих давлений или упругостей, предполагая для сжатого воздуха единицу. Наконец, четвертый выражает эти упругости по отношению к упругости воды (1).

Рассматривая последние два столбца, видим, что упругость металлов почти одинакова (9-12), упругость стекла раза в два менее; а упругость воды в 5 раз менее упругости стекла и раз в 10 менее упругости металлов; водород немного упруге воды, последняя же в 8-9 раз упруге водяного пара, приведенного, конечно, к одной температуре и плотности; стекло раза в 4 упруге водорода, а металлы упруге водорода раз в 8-10.

Эти числа, очевидно, не представляют ничего поразяющего в количественном отношении. Добавим, что и другие тела, с которыми производили опыты сжатия, не дали также ничего поразительного касательно величины упругости.

Так, упругость жидкой углекислоты оказалась лишь немного более упругости воздуха (13/10). Приняв упругость воды за единицу, упругость эфира, сернистого углерода и сернистой кислоты выразится следующими числами: 1/3, 1/2, 1/6, т.е. она не очень отличается от упругости воздуха и значительно менее (в 2-6 раз) упругости сжатого до той же степени водорода.

Возьмем наиболее упругое из испытанных тел, именно сталь, и посмотрим, что может сделать с ней то давление, которому подвергаются вещества внутри нашего Солнца. Принимая постоянную плотность светила, мы тем, может быть, чрезвычайно умаляем истинное давление внутри звезды. По уравнению №10 (или №5), вычислим: $F=13 \cdot 10^{10}$ килограммов на 1 кв. дециметр центрального сечения.

Положим упругость стали (табл. №11) в $200 \cdot 10^6$ кило и, сравнив ее с найденным давлением, узнаем, что сталь должна сжаться внутренним давлением солнца в 650 раз. Зная же, что вещества солнца в 6 раз менее плотны, чем сталь, найдем сжатие их, при пропорциональной упругости, в 3900 раз. Другие, не центральные части светила, понятно, подвержены меньшему давлению.

Если мы, в среднем, примем давление в 4 раза меньше, то и тогда, от этого уплотнения, диаметр Солнца должен бы уменьшиться в 10 раз.

Раз же начавшееся уплотнение, при условии постоянной температуры и неизменной упругости (т.е. пропорциональной сгущению вещества), никогда не может кончиться. Как же должна быть высока температура центральных частей звезды, чтобы выдерживать это гигантское давление, стремящееся уплотнить сталь в 650 раз?

Если бы то была не сталь, а водород, сжатый до средней плотности Солнца, то эту центральную температуру вычислили бы немногим менее 15 миллионов градусов Цельсия. Но мы уже видели в начале статьи, что температура, с углублением, в силу ускоренного падения частиц к центру, должна страшно возрастать и, таким образом, - явиться естественным противовесом ужасному центральному давлению.

Хотя плотность центральных частей Солнца несомненно больше средней его плотности, а потому и противодействие их сжиманию, но за то и сила тяготения, или сжимающая сила – от этой же причины, должна возрасти еще более. Так как перевес тут на стороне тяготения, то температуру, вообще, в виду одного этого возражения, умалять нельзя.

Общепринятое представление о твердых и жидких телах, как о чем-то несокрушимом в отношении сжимаемости, есть заблуждение. Напротив, опыты показывают, что все испытанные тела, даже самые, по-видимому, твердейшие, обладают совершенно определенной способностью сжимания. Только благодаря их громадной плотности, в сравнении с плотностью газов, нам в наших опытах сжимать их крайне трудно, и даже вода, при давлении в 2000 атмосфер, сжимается лишь на 1/10 своего первоначального объема.

Но что для нас трудно или невозможно, то самое, быть может, осуществимо при действии тех сил, которые проявляются в центрах светил; упругость стали, кажущаяся нам громадной, совершенно ничтожна для давления внутри Солнца, которое способно сжать этот металл в 650 раз.

Наши представления о том, что светила не могут сжиматься далее известного предела, представляемого твердыми телами, совершенно ложно, потому что противоречат опытам, правда, довольно ограниченным, по причине наших слабых сил.

Безграничное же сжатие светила дает чрезвычайно важный вывод: столь же безграничное выделение энергии, в виде тепла и света.

III.

Вообразим для примера наше Солнце. Пусть оно уменьшило свой диаметр вдвое, т.е. сжалось в 8 раз. Допустим, что температура осталась без изменения, упругость же материи внутри светила, по закону Мариотта-Бойля, возросла, по крайней мере, в 8 раз. Спрашивается, может ли сжатое до такой степени сильно светило, силой взаимного тяготения своих частиц, удержать эту возросшую силу упругости?

Из формулы №7 мы видим, что внутреннее давление (от тяготения происходящее) пропорционально четвертой степени уменьшения радиуса, т.е. оно возросло в 16 раз ($2^4=16$).

Итак, тяготение не только в состоянии сдерживать упругость вещества, следующего в этом отношении закону Мариотта, но и упругость возрастающую, против этого закона, пропорционально уменьшению поперечника светила. Следовательно, если бы даже упругость вещества возрастала пропорционально произведению из уменьшения объема Солнца и уменьшения его радиуса, то и тогда бы сжатие солнца никогда не прекращалось.

Вопрос только в выделении избытка температуры, происходящего от сжатия. Так, сжатие вдвое сопровождается такой работой тяготения, которой хватит на $12\frac{1}{2}$ миллионов лет (статья «Тяготение, как источник мировой энергии», К. Э. Циолковский, 1893 г.) непрерывного лучеиспускания теперешней силы. Медленность выделения этих работ, через посредство эфира, ограничивает быстроту сгущения светила.

Но мы видели, что упругость вещества обязана возрастать быстрее, чем уменьшение объема, т.е. быстрее, чем следует по закону Мариотта-Бойля, для того, чтобы при постоянной температуре уравновешивать силу тяготения. Если же свойства материи не выказывают этой прогрессирующей упругости, то температура солнц должна непрерывно возрастать, при сгущении материи. Только такое возрастание температуры может составить противовес силе сжатия, пропорциональной четвертой степени уменьшения радиуса.

Таким образом, найдем, что если вещество солнц в отношении упругости подчиняется закону Мариотта, то температура солнц, ради увеличения упругости их вещества, должна непрерывно возрастать пропорционально уменьшению их диаметра.

Этот вывод имеет некоторое правдоподобие. Действительно мы не видим, чтобы туманности – родоначальники планетных систем – блистали с той интенсивностью, с какой блистают солнца. С другой стороны, есть звезды поразительно блестящие. Так, блеск Арктура, по

некоторым расчётам (беру из Лёббока), в 8000 раз сильнее солнечного (при одинаковом расстоянии, конечно). Нельзя ли объяснить это явление не только большею величиной светила, но и большим уплотнением его, при котором температура обязательно повышается, чтобы противодействовать силе тяготения!

Итак, сжатое в 8 раз светило (наше Солнце) не только не расширяется вновь, как сжатая пружина, но стремится еще более сжаться, - против чего необходимо, тем или другим способом, непропорциональное увеличение упругости вещества. Допустим, что это достигли двойным возвышением температуры светила, и равновесие соблюдено. Сожжем теперь наше солнце еще в 8 раз, т.е. уменьшим диаметр вдвое, - очевидно, повторится та же история - выделение в течение миллионов лет гигантской энергии и новое двойное увеличение температуры. Есть ли этому конец? Вероятно, есть, но конец не полный.

Мы уже перечисляли причины, препятствующие неограниченному сгущению материи; это - вращение солнц, побуждающее их многократно дробиться (в результате сложная звезда), упругость, возрастающая быстрее четвертой степени уменьшения радиуса, причем дальнейшее сгущение будет возможно только при понижении температуры; понижение же это может повлечь за собой сгущение паров на поверхности светил, образование корок, не проводящих тепло и все более и более утолщающихся и препятствующих дальнейшему понижению температуры, а, следовательно, и сжатию. Образование коры возможно и при крайне высокой температуре, если допустить, что непрерывно химические процессы между элементами солнца способны образовать из них твердые вещества, неподдающиеся даже действию высокого жара.

Если бы допустили это последнее обстоятельство, то имели ли бы мы право сказать, что наступил конец? Как бы ни была толста и малотеплопроводна образовавшаяся на звезде темная кора, понижение температуры звезды, хотя бы и очень медленное, несомненно будет продолжаться. Но кто поручится, что это *понижение не расплавит* кору вновь, чтобы опять дать ход процессу лучеиспускания и сжатия звезды в течение миллиардов лет. Свойства материи крайне прихотливы и, по-видимому, периодичны. Упругость веществ, в зависимости от давления, то возрастает, то падает, то опять возрастает, чтобы, может быть, с возрастанием сжатия, снова упасть. В такой же периодической зависимости, может быть, находится и состояние данного тела (твердое, жидкое и газообразное) в зависимости от непрерывного повышения или понижения температуры (и даже давления).

Для водорода, например, найдено, что упругость его сначала более нормальной, т.е. при начале сжатия возрастает быстрее, чем следует по закону Мариотта-Бойля, затем уменьшается до сгущения в жидкость, чтобы снова возрасти в этом состоянии. Понизится ли упругость при достаточном сгущении жидкости – это нам неизвестно, благодаря ограниченности наших средств в производстве необходимых громадных давлений. Нам известно только, что в пределах опыта упругость не постоянна. Судя по периодичности свойств, нужно ожидать понижения упругости.

Тем же свойствам подчиняются и другие газы, по крайней мере, при температуре несколько возвышенной (Тет, «Свойства материи»).

Почему же замерли планеты, замер сам могучий Юпитер, и Солнце покрывается пятнами, хотя и исчезающими, но, по-видимому, указывающими на его печальный конец, постигший уже планеты! Планеты затвердели вследствие недостаточно большой их массы, внутреннего давления, недостаточно большого, чтобы бороться против упругости тела, подобных металлам. Но мы уже видели, как ничтожна их упругость в сравнении с давлением внутри солнц. Давление в центре Юпитера лишь раз в 25 больше давления внутри Земли. (Уравнение №5). Чем больше небесное тело, тем больше шансов сжиматься и лучеиспускать сотни миллионов лет.

IV.

Попытаемся формулировать вышеприведённые мысли.

Уравнение №8 выражает центральное давление светила, в зависимости от его сгущения (D). Среднее давление, положим в (n) раз меньше; так что среднюю величину силы тяготения производящей сжатие светила, выразим:

$$\text{№12} \dots F = \frac{p_1}{n} D^2 \sqrt{\frac{\pi}{6}} M D$$

Теперь выразим среднюю величину силы расширения материи противодействующей силы тяготения. Упругость вещества, приведенного к единице плотности и к единице температуры, по закону Мариотта-Бойля, может считать постоянной; обозначим ее через (k_1), тогда величина упругости при иной абсолютной температуре (t) и при иной плотности выразится:

$$\text{№ 13} \dots k = k_1 D t.$$

(D) есть средняя плотность сжатия, происходящая при среднем давлении (F). Так как сила тяжести должна уравновешиваться упругостью материи, то, на основании двух последних уравнений, получим:

$$\frac{p_1}{n} D^3 \sqrt{\frac{\pi}{6} M \cdot D} = k_1 D t, \text{ откуда,}$$

$$\text{№14... } t = \frac{p_1}{n} D^3 \sqrt{\frac{\pi}{6} M} \frac{\sqrt[3]{D}}{k_1}$$

Заметим, что в этой формуле (k_1) было бы только тогда постоянным, если бы соблюдался закон Мариотта-Бойля. Но так как он вообще не соблюдается ни при изменении давления, ни при изменении температуры, то должны положить

$$\text{№15 } k_1 = k_2 F(D, t),$$

где упругость (k_1) мы выражаем произведением постоянного на некоторую неизвестную функцию температуры и плотности (D) вещества. Понятно, это произведение то больше, то меньше единицы.

Главное, обуславливающее процесс сжатия небесного тела и его лучеиспускание, - это температура. Раз понизилась температура до образования непроводящей тепло и свет коры, лучеиспускание и сжатие прекращается – небесное тело замирает, по крайней мере, надолго. Вот поэтому, уравнением №14, мы и выразили температуру светила, наиболее ею интересуясь. Прежде исследования формулы 14, решим вопрос, возможно ли вообще равновесие между силой тяготения вещества и силой его упругости.

Разберем два случая. Положим сила упругости более силы тяготения; тогда светило расширяется и увеличивает свой объем; причем упругость уменьшается не только от разрежения материи, но и, главное, от страшного понижения температуры, благодаря совершаемой при расширении громадной механической работе, поглощающей тепло светила. Если теперь положим, что сила тяготения более силы, расширяющей вещество, то понятно светило сжимается, от чего выделяется механическая работа, превращающаяся в тепло, которое до тех пор увеличивает упругость вещества, пока она не уравнивает силу тяготения.

Итак, равновесие обязательно и наступает весьма быстро в случае его нарушения. Но мы не приняли при этом в расчет силу лучеиспускания, стремящуюся нарушить это равновесие. Впрочем, сила лучеиспускания небесных тел так, сравнительно, ничтожна, что равновесие нарушается только чрезвычайно медленно. Если бы не было лучеиспускания или если бы оно было преграждено твердой корой или хоть искусственно, то равновесие соблюдалось бы вечно, без изменения объема светила, которое вечно бы хранило свою бесконечную потен-

циальную энергию. Надо содрать не проводящую тепло кору, надо дать толчок, чтобы снова иметь возможность пользоваться этой энергией. Но что же произойдет от лучеиспускания? Чтобы видеть это яснее, предположим, что оно совершается не одновременно с изменением объема светила, а вперемешку. Пусть сначала идет лучеиспускание без сжатия и расширения звезды. Потеря тепла, конечно, уменьшит упругость вещества солнца. Является тенденция к сжатию; дадим ему ход; оно, во всяком случае, хотя отчасти восстанавливает температуру светила. Далее повторяется также, до тех пор, пока не прекратится от какой-нибудь причины излучение тепла. Итак, ясно, что лучеиспускание вызывает, до известных пределов, сокращение светила.

Обратимся теперь к формуле №14. Переменную величину в ней имеет только множитель $\frac{\sqrt[3]{D}}{k_1} = \frac{\sqrt[3]{D}}{k_2 \cdot F(D,t)}$ (на основании уравнения №15), от которого и зависит температура светила.

Итак, напишем:

$$\text{№16... } t = C \cdot \frac{\sqrt[3]{D}}{k_2 \cdot F(D,t)}$$

№17... Если $F(D, t)=1$, т.е. если вещество подчиняется закону Мариотта-Бойля (или обладает свойствами теоретических газов, то температура (t) солнца, при его сжатии, непрерывно возрастает пропорционально кубическому корню из уплотнения материи ($\sqrt[3]{D}$) или пропорционально уменьшению радиуса (r) светила. В этом случае трудно ожидать на его поверхности темной коры, и потому звезда тогда должна сиять вечно, неисчислимые миллиарды лет. Но наше солнце, имеющее вращение вокруг оси (скорость экватор. точек около 2 километра в 1 секунду), от сжатия, все более и более возрастающего и превращающегося солнце, благодаря центробежной силе, в лепешку, должно, при уменьшении его диаметра в несколько десятков тысяч раз (по моим вычислениям), образовать двойную звезду, т.е. разделиться на два солнца, подчиняющихся тому же закону, как и само Солнце.

№ 18... Когда числитель $\sqrt[3]{D}$ (уравнение №16) возрастает пропорционально знаменателю $F(D,t)$, то (t) остается постоянной. Иначе говоря, если упругость материи не постоянна (k_2), как следует по закону Мариотта-Бойля, а возрастает пропорционально кубическому корню из уплотнения вещества звезды ($\sqrt[3]{D}$) или пропорционально уменьшению ее радиуса (r), то температура небесного тела не повышается и не понижается, причем тоже довольно трудно ожидать обра-

зования на поверхности светила не проводящих тепло и свет корок. Таким образом и в этом случае сияние звезды вечно.

№19... Когда вообще $\sqrt[3]{D}$ возрастает быстрее, чем $F(D,t)$, т.е. когда уклонение от закона Мариотта-Бойля, в сторону увеличения упругости, возрастает медленнее $\sqrt[3]{D}$, или уменьшения радиуса сжимающейся планеты, то получим результаты, подобные разобранным, которые поэтому и опускаем.

№20... Наконец когда отношение $\frac{\sqrt[3]{D}}{F(D,t)}$ непрерывно уменьшается, или когда $\sqrt[3]{D}$ увеличивается медленнее, чем $F(D,t)$, то температура светила обязательно понижается, и как только она понизится до образования корок на поверхности звезды, - последняя замирает.

V.

Применим уравнение №16 к объяснению потухания планет и постараемся приложить его же к решению вопроса о времени сияния солнца в связи с известными нам свойствами материи.

Упругость вещества, подобная упругости газов и перегретых паров, т.е. следующая приблизительно закону Мариотта-Бойля, выражается прямой линией параллельно оси абсцисс ($y = a$).

Действительно, приведенная к единице плотности и температуры, она имеет постоянную величину (k_1) для каждого данного вещества.

Упругость, уклоняющаяся от закона Мариотта-Бойля на величину $\sqrt[3]{D}$, выразится уже кривой, показывающей зависимость между сгущением солнца (D) и упругостью его вещества, возрастающей пропорционально $\sqrt[3]{D}$ (уравнение кривой: $y = a\sqrt[3]{x}$).

Как же мы выразим упругость металлических паров и газов, сгущающихся под влиянием давления (внутри солнц и планет) в жидкости и твердые тела?

Пока пары металлов еще не имеют плотности их в обыкновенном твердом или жидком виде, они обладают упругостью довольно постоянной, которая быстро падает по мере приближения к роковой точке капельно-жидкого или твердого состояния. После этого, как мы видели, она почти внезапно подымается, увеличивается в несколько десятков раз, чтобы опять стать довольно постоянной. Действительно, насколько позволяют опыты, мы видим это постоянство упругости в твердых и жидких телах. Что будет далее, если бы могли сжимать их более, мы не знаем, но на основании того, что нам говорят опыты, мы не имеем права утверждать, что упругость твердых и жидких тел не следует закону Мариотта-Бойля.

Итак, упругость металлических паров и дальнейшую их упругость, при сгущении их в твердое состояние, графически приходится выразить кривой довольно сложной.

Теперь у нас есть данные, чтобы представить себе процесс сгущения планет и звезд. Рассмотрим сгущение Земли или иной планеты. Пока планета в парообразном состоянии, температура ее непрерывно повышается, следуя закону $\sqrt[3]{D}$ (№17).

В переходном состоянии температура сначала быстро повышается, затем еще быстрее начинает понижаться. В самом деле, в формуле №16, (k_1) или $[K_2 * F(D,t)]$ сначала быстро уменьшается, потом еще быстрее увеличивается, от чего, очевидно, (t) сначала быстро возвышается, потом ещё быстрее падает. Если предшествующая температура поразительно высока, как например, у солнца, то уменьшение абсолютной температуры не настолько велико, чтобы образовать на поверхности светила не пропускающую тепло и свет кору – и солнце продолжает сгущаться, т.е. продолжает быть солнцем, потому что упругость устанавливается, делается постоянной и температура светила, при этих новых условиях, опять будет понемногу восстанавливаться, по мере его сгущения (№17).

Но если первоначальная (т.е. предшествующая) температура велика, какова она у планет (потому что раз центральное давление не велико, по малости небесного тела, оно, это внутреннее давление, уравновешивается не очень накалёнными газами), то, уменьшенная в несколько раз, вследствие понижения упругости, она настолько уменьшается с поверхности планеты, что уже образует малопроводной для света и тепла слой туманов и даже жидкой или твердой коры. Тогда перед нами холодная с поверхности планета.

Но что скажем мы про наше солнце, этот огненный океан? Что ожидает его в будущем? Неужели судьба планет?

Вообразим себе, что вещество нашего солнца достигло плотности металлов. Это, приблизительно, будет, когда объем его уменьшится в 8 раз, а поперечник, стало быть, в 2 раза.

Давление внутри его, происходящее от силы тяготения, будет, по уравнению №7 или №8, в 16 раз больше, чем в настоящее время. А в настоящее время это давление способно холодную сталь сжать в 650 раз (гл. II), значит, тогда оно сожмет ее в 1400 раз. Между тем, ради соблюдения равновесия, это страшное давление не должно сжимать сталь. Как же быть? Очевидно, температура стали или живая сила движения его частиц должна быть больше, чем обыкновенно в 10400 раз.

Положив абсолютную температуру (от -272°Ц.) стали в 300°Ц. , найдем, что температура ее внутри Солнца, для противодействия силе тяготения, должна быть 3120000° . Вывод, конечно, приблизительный; но делая его для планет, получим числа несравненно меньшие; для Земли, например, получим 3000°Ц. Понятно, после этого, образование планетной коры; но образование коры при внутренней температуре в 3 миллиона град. Цельсия, это, как кажется, очень и очень сомнительно.

Итак, при сгущении Солнца до плотности металлов его высокая температура не допускает образования коры и, стало быть, нужно ожидать его дальнейшего сгущения. Дальнейшее же сгущение, насколько предвидят наши опыты, совершается при упругости следующей закону Мариотта-Бойля, т.е. при упругости постоянной. А при упругости постоянной нет конца сгущению и выделению энергии тяготения в виде тепла и света, льющихся с возрастающей энергией на планеты (17).

Мы не хотим сказать, что это так и будет непременно. Мы хотим только сказать, что оно так будет до тех пор, пока упругость сжимающихся металлов снова не сделает скачок, - снова не будет увеличиваться, превращаясь в какое-нибудь новое состояние. Мы даже так и думаем, что именно упругость сжимающихся во много раз металлов сделает скачек и даже более резкий и величественный, чем это она сделала при сгущении металлических паров в расплавленные и затем отвердевающие тела. Раз он был (даже в 2 раза), он должен повториться; повторение, это на основании предыдущих рассуждений и уравнение №16, должно сопровождаться новым понижением температуры и, кто знает, может быть его будет достаточно для образования туманов и коры на нашем солнце, которое тогда и замрет, сохраняя свои запасы энергии неизвестно для кого и для чего.

Но тут уже начинается область гипотез – и настолько смелых, что мы умолкаем.



Константин Эдуардович Циолковский за письменным столом.

Второе начало термодинамики

К.Э. Циолковский, почетный член Калужского Общества изучения природы местного края

Работа эта написана ещё до мая 1905 г. Идея же, заключенная в ней, зародилась гораздо раньше. Так из моей статьи «Продолжительность лучеиспускания звезд», помещенной в «Научном Обозрении» за 1897 г., видно, что основания о повышении температуры в столбе весомого вещества и тогда были для меня совершенно ясны. Три раза я переделывал и переписывал свою статью, но разные причины, о которых позволю себе умолчать, мешали мне до сего времени напечатать

К. Циолковский

Постулат Клаузиуса о теплоте говорит: «теплота не может сама собой перейти от более холодного тела к более теплому» (см. Poggendorff's Annalen. Том 81, стр. 168, 1850г).

Хотя слова постулата «сама собой» делают его не совсем ясным, тем не менее сущность его, по-видимому, состоит в следующем.

Теплоты в природе очень много; одни тела нагреты более, другие менее. Теплота от более нагретых тел переходит к менее нагретым; температура стремится уравниваться. Не происходит обратного – перехода теплоты от холодных тел к тёплым. Если бы это могло происходить каким-нибудь способом, то тёплые тела ещё более могли бы нагреться, они могли бы накалиться, отнимая теплоту от холодных тел, и тогда мы могли бы воспользоваться этим, заставляя накалённые тела природы, с помощью моторов, производить механическую работу, столь необходимую людям.

Механическая работа легко превращается во все виды энергии, так что люди могли бы тогда получить все необходимое, без посредства солнечной энергии, одним определённым запасом теплоты, величина которого, согласно первому закону термодинамики, изменится никогда не может. По терминологии профессора Хвольсона, мы получили бы возможность устроить *perpetuum mobile* второго рода³.

Невозможность этого Томсон выражает так: нельзя получить при помощи неодушевленной материи работу от какой либо материи, охлаждаемая её ниже температуры наиболее холодного из окружающих тел (W. Thomson. Transactions of the Royal society of Edinburgh. Том 20,

³ Устраиваемые теперь вечные часы и другие вечные двигатели ничего общего с *perpetuum mobile* второго рода не имеют.

стр. 261, 1851 г.). Это положение, равнозначительное постулату Клаузиуса, также содержит, по-видимому, странную оговорку: при помощи неодушевленной материи.

Хотя из явлений природы мы видим, что эти положения термодинамики как будто, оправдываются и даже, как будто, принадлежат к грубым истинам, для всех очевидным, какими прежде считались неподвижность Земли, малость звезд, но, во всяком случае, не можем считать постулаты Клаузиуса и Томсона удачно выраженными. Они были бы точны, если бы лишены были указанных оговорок; но оправдались ли бы они тогда?

Что значит *сама собой*? Может быть, теплота от холодного тела к нагретому может переходить особенным, неизвестным действием природы? Человеческой силой, умом, искусством? Не чудом же? Выходить, что *сама собою теплота не переходит, но не сама собой переходит*. Стало быть, и Клаузиус признаёт какие то условия, при которых свершается этот обратный переход. Томсон тоже думает, что *вообще* теплота не переходит от менее нагретого к более нагретому, но при участии одушевлённой материи этот переход может (хоть иногда) совершиться. Но разве одушевлённая материя не та же природа? Что возможно, следовательно, при помощи одушевленной материи, то возможно и силою природы.

Итак, сами учёные не устанавливают новый закон, потому что, в противном случае, они бы сказали: *теплота никогда не может переходить от более холодного тела к более теплему*. А раз теплота то переходит, то не переходит, то и закона никакого нет, а есть наблюдение, часто повторяющееся, по-видимому, очевидное, но как будто нарушаемое, по словам самих же учёных. Не виноваты ли их последователи, принимая постулаты за законы и начала?

Если теплота может переходить при каких то условиях от более холодных тел к более нагретым, то это должно иметь огромное, не только философское и общенаучное значение, но, как мы видели, и чисто практическое.

Так, согласно усердным последователям Клаузиуса и Томсона, теплота тел стремится к уровню, к одной определенной средней температуры; иными словами энтропия⁴ вселенной непрерывно растет. Настанет время, когда солнца потухнут, мир замрёт, живое уничтожится. Но этого не будет, если постулат Клаузиуса не признавать началом, или законом.

⁴ Степень рассеяния, равномерности теплоты.

Мир существует давно, даже трудно предположить, чтобы он когда-нибудь не существовал. А если он уже существует бесконечное время, то давно бы должно наступить уравнивание температур, угасание солнц и всеобщая смерть. А раз этого нет, то и закона нет, а есть только явление, часто повторяющееся. Также невозможным оказываться отрицать и *regretuum mobile* второго рода, ибо сам мир не отрицает это. Вот как важен этот спор о втором начале термодинамики!

Против постулата Клаузиуса возражали Hirn, Rankine, Holtzman, Eddi и другие. Позволим и мы себе привести некоторые возражения, игнорируя ненаучные оговорки постулата и спора, собственно, против чрезмерно усердных его последователей.

Представим себе определённую, хотя может быть и очень низкую температуру пространства и вообще Вселенной. Вообразим себе в этом пространстве изолированную светоносным эфиром⁵ массу какого-нибудь газа при той же температуре. Я утверждаю, что температура газа не останется постоянной, несмотря на её первоначальную равномерность. Наружные её части охладятся, за счёт чего нагреются центральные части. Последние, путём лучеиспускания (если масса теплопрозрачна) и теплопроводности, будут нагревать охлаждённые периферические слои, но нарушенная равномерность температур не вполне восстановится. Получится, так сказать, подвижное равновесие, причем окружающее пространство с его веществом (другие небесные тела предполагаются при той же температуре) ещё нагреют охлаждённые периферические слои, а затем, от этого, повысится ещё и температура центральных масс газа, так что он извлечет некоторое количество тепла из внешнего пространства. Причина этого предполагаемого мною явления – всемирное тяготение.

Можно также, для иллюстрации, вообразить, что вся Вселенная состоит из определенной массы газа. Тогда наружные слои газа, несмотря на постоянную температуру его, должны охладиться или передать свою тепловую энергию центральным частям массы. Это явление выйдет проще. Докажем наше положение теоретически, основываясь на механической теории тепла⁶, а затем приведём и явления природы, подтверждающие его.

⁵ Не касаясь сущности эфира, смотрю на него, как на передатчика энергии; как таковой он существует.

⁶ Не согласен с теми учёными, которые отчаялись объяснить явления природы механическим путём. Мне кажется, новейший путь научного исследования продержится недолго: снова перейдут к механическим основам.

Вообразим в массе газа одну его молекулу, вибрирующую вверх и вниз. Так как она подвергается силе тяготения со стороны остальных молекул, то при поднятии или удалении от центра массы, скорость движения её будет замедляться и наоборот. Таким образом, наша молекула, ударяясь о верхние молекулы с меньшей скоростью, будет замедлять их движение, от чего их температура должна повыситься. То же справедливо и относительно всех молекул, которые также повышают температуру нижних молекул и понижают температуру верхних. Если молекула имеет наклонное или горизонтальное движение, то и тогда она подвержена силе тяжести и также при столкновении с другой молекулой изменяет её температуру, как и свою собственную, сообразно величине своего падения. Результатом этого будет громадная неравномерность температур⁷, которую легко вычислить, если допустить определённый закон тяготения для данной газовой массы и не принимать в расчет стремления и восстановить температурное равновесие путем теплопроводности и лучеиспускания.

Какая-нибудь молекула, падая вниз, передаёт своё ускорение следующей, та – нижележащей и т.д. Сущность не изменится, если мы предположим, что первая молекула, без отражения от других молекул, падает непрерывно и беспрепятственно вниз.

Аналогичный случай могу привести из механической теории газов. Молекулы газов в каком-нибудь закрытом сосуде, проходя весьма малый путь, чрезвычайно часто сталкиваются между собою, но давление на стенки сосуда или упругость газа не зависит почти от амплитуды колебания газовой молекулы и дело происходит так, как будто молекулы совсем не сталкиваются между собою, а только отражаются от стенок, производя на них давление по известной формуле $P = 1/3 * D * V^2$, где P выражает давление газа в динах на кв. сантим., D – плотность газа, или вес его куб. сантим. в граммах, а V скорость молекул в сантиметрах, в 1 секунду⁸. Из формулы видим, что это давление не зависит от размаха колебания частицы.

Раз мы признаем молекулярное движение в газах, не можем же мы отрицать, что и в нашей весомой массе газа, каждая молекула, по-

⁷ Каким образом умудрился отрицать это, по словам проф. Хвольсона, знаменитый Лоренц, мне непостижимо. На авторитете Lorentz'a, собственно, и основывается отрицательное отношение к моей работе проф. Хвольсона.

⁸ Эта формула, как и вообще вся теория газов была разработана мной ещё в юности. Но, увы, оказалось, что я опоздал со своим трудом. Однако я поверил тогда в силу своей мысли, и это поддерживало меня всю жизнь.

дымаясь и теряя от этого скорость, замедляет движение вышележащих молекул; наоборот, - опускаясь, получает приращение скорости, которое и передает отчасти нижележащим молекулам. Если отвесный путь частицы мал, то и производимая ею разница скоростей или температур будет также мала; если велик, то настолько же увеличивается и производимая ею разница температур; так что эта разница, приходящаяся на единицу вертикального расстояния, или на единицу *падения*, не зависит от амплитуды колебания молекулы, а только от силы тяжести и свойств газа.

Отрицать влияние тяготения на вертикальное распределение температуры – значит отрицать молекулярное и атомное движение, на основании которого мы имеем столько блестящих страниц физики. Хоть это немного и старо, но не надо забывать и старое, тем более, что к нему нередко и возвращаются.

Итак, каждая молекула как бы падает или подымается непрерывно.

Когда масса (m) газа отпускается на величину (dh), при тяжести в (p), то совершается работа $m \cdot p \cdot dh$. Работа при падении на величину (h) равна $m \cdot \int p \cdot dh$. Тут (p) может быть величиною переменной и выражаться в зависимости от (h), так что $p = F(h)$, где (h) есть расстояние молекулы от некоторой центральной точки. С другой стороны, если та же масса (m) газа нагревается от падения на температуру (t) градусов Цельсия, то эквивалентная механическая работа этого нагревания выразится: $m \cdot M \cdot C \cdot t$, где (M) есть механический эквивалент теплоты, а (C) теплоемкость газа при неизменном объеме⁹.

На основании сохранения энергии получим:

$$m \cdot \int p \cdot dh = m \cdot M \cdot C \cdot t, \text{ или } t = \int p \cdot dh / M \cdot C$$

Отсюда видно, что понижение температуры с поднятием или повышение её с опусканием обратно пропорционально теплоемкости (C) газа. Поэтому газы более плотные, как известно, с меньшею теплоемкостью и с большим молекулярным весом, нагреваются значительно с углублением в их толщу и приближением к центру. Можно даже сказать, что изменение температуры с высотой для различных газов различно, именно пропорционально молекулярному весу газа.

Если допустим, что $p = F(h) = p_1$, т.е. что тяжесть постоянна, что приблизительно верно для планетных атмосфер, то

⁹ Хотя часть работы при падении как будто тратится на сжатие газа, но, в сущности, этой работы нет, так как, предполагая равновесие атмосферы, нигде не происходит ни сжатия, ни расширения газа.

$$\int p^* dh = p_1^* h, \text{ и}$$

$$t = p_1^* h / M^* C.$$

На основании этой формулы, кроме предыдущего, можем прибавить: нагревание с понижением в атмосфере пропорционально силе тяжести и величины понижения.

Отсюда можно сделать интересный вывод о температуре нижних частей планетных атмосфер, а, следовательно, и о шансах обитаемости их: температура атмосферы, соприкасающейся с поверхностью планеты зависит: от силы тяжести на её поверхности, от толщи, или высоты атмосферы, и от средней теплоёмкости газов, составляющих её атмосферу. Юпитер, например, получает на единицу своей поверхности в 25 раз меньше тепла, чем Земля на единицу своей поверхности при тех же условиях; но температура нижних слоёв атмосферы Юпитера может быть гораздо больше, чем Земли – вследствие большей толщины юпитеровой атмосферы и большей тяжести, которая на Юпитере в 2½ раза больше, чем на Земле. Вообще, о температуре на поверхностях планет мы не можем судить только по расстоянию их от Солнца. Если бы разумные существа на планетах имели могущество изменять массу и состав своих атмосфер, то они тем бы достигли желаемой температуры на своих планетах.

На основании сказанного, центры газовых туманностей и комет должны иметь более высокую температуру, чем их окраины.

Но формула наша должна быть применима и к жидким, и к твердым телам. К последним, в особенности - ввиду отсутствия в них конвекции, т.е. переноса и уравнения теплоты видимым движением.

Действительно, если и допустить, что в твердых телах *группы* молекул неподвижны, но всё-таки никак нельзя того же утверждать о самих молекулах и особенно об атомах и их частях.

Когда молекула газа падает на некоторую величину (h) при постоянной силе тяжести, то абсолютная температура, ниже и выше, должны относиться между собою, как работы вниз и вверх:

$$T_2/T_1 = (V^2/2 + hg)/(V^2/2).$$

Но мы уже видели, что $P = 1/3 \cdot D \cdot V^2$. Стало быть, исключая V , найдём $T_2 - T_1 = T_1 \cdot (2Dhg)/(3P)$ (в абсолютных единицах).

По этой формуле вычислим ($T_2 - T_1$) или понижение (t) на километр; для земных условий оно составит около 22°Ц. По предыдущей же формуле бы нашли только 14°Ц. Разница понятна, так как теплоёмкость теоретическая, вычисленная только на основании понижений поступательной скорости движения молекул газа, не сходится с практической теплоёмкостью, что объясняют внутренней работой газа.

Часть работы, при его нагревании, идёт на внутреннюю работу газа, для увеличения вращательной скорости его атомов и удаления их друг от друга. Как известно, молекула многих газов содержит два атома, поэтому существование внутренней работы в таких газах очевидно.

Пока мы приводили одни теории, но где же в природе мы видим подтверждение нашим умозрительным выводом? Конечно, верить им можно настолько, насколько оправдывают их опыты и наблюдения, правильно истолкованные.

В земной атмосфере температура понижается градусов на 5 Цельсия, при поднятии на 1 километр. Формулы бы нам дали раза в 3 больше (14°C); но это несогласие вполне понятно, так как нижние слои воздуха и земная поверхность, путем лучеиспускания, нагревают верхние более холодные слои воздуха и тем делают разницу температур менее резкой.

Заметим, что эту разницу можно объяснить ещё вертикальными передвижениями воздуха, который при поднятии расширяется, отчего, совершая работу при расширении, и охлаждается. Но если в этом причина понижения температуры в атмосфере, то *недвижущийся вертикально* воздух должен дать, приблизительно, постоянную температуру по всей высоте воздушного столба. Вообще, в таком случае закон понижения температуры в сильнейшей степени зависел бы от быстроты восходящих и нисходящих потоков воздуха; а так как она на практике бесконечно разнообразна, то мы встречали бы при поднятиях гораздо более разнообразия в законе понижения температур, чем обыкновенно наблюдаем.

Итак, это второе объяснение понижения температуры в высших слоях атмосферы не выдерживает критики. Хотя, правда, и при этой гипотезе мы получили бы, теоретически, ту же величину понижения температуры на километр поднятия (14°C), предполагая чрезвычайно быстрые вертикальные перемещения воздуха.

Объясняют ещё понижение температуры атмосферы различною лучеиспускательною или лучепоглощательною способностью воздуха.

Днём Солнце нагревает сильнее нижние, более плотные, более пыльные и более обильные паром слои воздуха. Кроме того и земная поверхность, нагреваясь сильно солнечными лучами, передает своё тепло путем лучеиспускания, теплопроводности и конвекции преимущественно нижним слоям воздуха.

Если бы этого было достаточно, чтобы объяснить грандиозную и довольно постоянную разность температуры в воздухе при поднятии на километр, то как объяснить то же явление ночью?

Ночью или зимою в умеренных и полярных странах должно бы получиться обратное явление, т.е. повышение температуры с поднятием в высоту, что если и случается, то в виде исключения и притом на незначительном протяжении. Действительно, раз лучепоглощательная способность плотных и менее прозрачных нижних слоёв больше, то и лучеиспускательная также, ибо эти способности считаются равными. Вследствие этого нижние слои должны ночью или зимою, когда Солнце вообще стоит низко или его нет над горизонтом, охлаждаться более верхних.

На деле же только замечается летом и при Солнце более резкая разница температур, чем зимой и без Солнца¹⁰.

Конечно, уже отсюда видно, что физические свойства воздуха имеют влияние на вертикальное распределение температур в атмосфере, но ими одними всё объяснить невозможно, так же как и вертикальным перемещением воздуха.

Понижение температуры с поднятием особенно ярко наблюдается до высоты в 10 верст, т.е. в тропосфере. Далее, т.е. в стратосфере, оно сомнительно. Этот слой считают, на основании наблюдений, с постоянной температурой, но так ли это?

Дело в том, что каждая частица воздуха, помимо естественного и регулярного понижения температуры влиянием тяжести, находится под действием двух лучеиспускательных потоков: один из них – лучеиспускание Земли и атмосферы, другой – лучеиспускание Солнца.

Оба потока, ввиду незначительности толщины атмосферы в сравнении с расстоянием до центров Земли и Солнца, могут считаться параллельными и потому постоянной силы.

От обоих этих потоков стараются защитить прибор, определяющий температуру воздуха. Стараются, чтобы термометр нагревался только потоками воздуха. Но чем выше место, тем разрежение атмосфера и тем это нагревательное действие воздуха слабее. На больших высотах нагревательное действие мало-плотного воздуха настолько слабо, что термометр нагревается, главным образом, несмотря на защитительные оболочки (действие которых, конечно, не может считаться совершенными), этими двумя лучеиспускательными потоками постоянной силы. Например, на высоте 30 верст, куда в последнее время залетали шары-зонды, воздух разрежается в 60 раз.

Если бы и оказалась защита от лучеиспускания идеальной и постоянство температуры стратосферы несомненным, то и это постоян-

¹⁰ Шабский А. «Управляемые аэростаты», вып. 1, стр. 24.

ство могло бы найти объяснение в непропорциональности между лучепоглощательной силой воздуха и его плотностью.

Может быть, *относительная* лучепоглощательная сила очень разрежённых слоев воздуха более. И этого будет достаточно, чтобы объяснить отсутствие ясно выраженного понижения температуры от действия тяжести в слоях стратосферы.

Мы видим ещё повышение температуры и с углублением в почву. При бурении, при копании шахт и тоннелей температура повышается на 20 - 30°Ц, при понижении на один километр. Явление одинаково наблюдается и в горах, и в низких местах. Здесь уже не имеет места ни вертикальная циркуляция масс, ни различная теплопроводность слоев, а повышение температуры всё-таки существует и даже в 5-6 раз больше, чем в воздухе. Теплоёмкость наносных и горных пород близка к теплоёмкости воздуха, ибо она в среднем составляет около 1/5 (0,2); поэтому, с точки зрения нашей формулы, трудно ожидать, с углублением на километр, повышения температуры, большего 14°Ц.

Но тут значительное повышение температуры можно объяснить и объясняют иначе.

Земной шар есть кусочек Солнца, оторвавшийся от него в своё время. Естественно, что этот кусочек горяч. Это одна из причин первоначального источника теплоты Земли. Но несомненно, что внутри него и теперь должны быть между его частями физические и химические взаимодействия, радиация и сопровождающие её превращения элементов, служащие непрерывным и обильным источником теплоты. Эти взаимодействия должны, в общем, сопровождаться сокращением объема масс, что подбавляет еще количество выделяющейся теплоты.

Что сокращение нашей планеты существует, это видно из образования гор, т.е. складок на ее поверхности.

Высокая температура внутренности земного шара рвётся наружу и задерживается тем более, чем теплопроводность данного слоя меньше. В таком случае понятно, что разность температур на единицу понижения будет зависеть от степени теплопроводности Земли. А так как она весьма мала для наружных наносных слоев земной коры, куда проникают наши разведки, то и очень ясно большое повышение температуры, доходящее до 30°Ц на километр углубления.

Это понижение, конечно, зависит от количества выделяемой в центре Земли теплоты и от средней температуры поверхности земного шара. Поэтому не было бы ничего удивительного, если бы повышение температуры на единицу углубления, при других условиях планеты, было в 10, 100 раз больше, чем то следует по нашей формуле (14°Ц)

Всё сказанное невозможно отрицать, но нельзя также отрицать и влияние на повышение температуры падения атомов твёрдого тела от действия силы тяжести. Здесь только повышение температуры с углублением, с точки зрения падения атомов, совершенно заглушается несравненно более сильным изменением температуры от других причин, т.е. от собственной центральной теплоты Земли и от степени теплопроводности слоёв. Известно, что где она больше, там повышение температуры меньше и наоборот.

Однако результаты не будут безразличны, возьмём ли мы только одно общепринятое объяснение внутренней теплоты Земли, или присоединим к нему и нашу гипотезу, которая чересчур ясно подтверждается вертикальным распределением тепла в атмосфере. Именно, исключая нашу гипотезу, мы можем ожидать, по истечении триллионов лет, равномерного, по всей массе, охлаждения небесного тела, например, Земли, Луны. На основании же нашей гипотезы этого никогда не может случиться, если только температура эфирного пространства хоть немного выше абсолютного нуля, или если поверхность планеты не может охлаждаться до абсолютного нуля вследствие каких-нибудь причин, например, лучеиспускания на них Солнца и звёзд. Также и газовая масса, при отсутствии вертикальной циркуляции и других явлений, вызывающих неравномерность температур, должна принять с течением времени постоянную температуру. По нашей же гипотезе этого быть не может. Таковы кометные массы (если содержат газы), температура которых в центре должна быть больше, чем по краям, независимо от их происхождения, первоначальной температуры и времени, истекшего со дня их зарождения.

Представим себе где-нибудь, но в бесконечном удалении от Солнца, громадную глыбу камня. Вы скажете, что протекли миллионы веков и поэтому температура в центре камня такая же, как в его периферии; а я этому не верю: по моим взглядам, центральные части всегда будут иметь высшую температуру, чем наружные, и я объясняю это ускорением атомов при колебательном движении их к центру под влиянием притяжения глыбы камня. Разница же температур на единицу углубления будет тем больше, чем больше масса глыбы и её плотность. Если бы мы каким-нибудь способом достигли постоянной температуры для всех частей глыбы, то это постоянство не могло бы соблюдаться долгое время и центральные массы должны бы нагреться за счет теплоты наружных, которые поэтому должны бы охладиться.

Разумеется, высказываемые мною тут взгляды только вероятны в особенности по отношению к повышению температуры в весо-

столбе твёрдого тела. Что я в них верю – это еще ничего не доказывает. Установиться в науке они могли бы путём опытов.

Если мы возьмем вертикальный столб тела, изолируем его по возможности мало проводящим теплоту слоем от температурного влияния почвы, воздуха, ясного неба, то должны обнаружить разницу температур между частями столба, находящимся на разной высоте. Из формулы $t = p_1 \cdot h / M \cdot C$ видно, что чем длиннее (h) столб и меньше его теплоёмкость, тем больше разница температур (t) и, следовательно, тем легче её обнаружить путём опытов. Поэтому практичнее всего взять свинец, теплоёмкость которого весьма мала, именно для него $C = 0,0314$. Теплоёмкость железа уже в три раза больше.

По формуле, для свинцового столба в 1 метр высоты (h) вычислим: $t = 0,076^\circ\text{C}$, или для километра 76°C .

Это, конечно, наибольшая разница. Вследствие хорошей теплопроводности свинца и влияние окружающих тел разница эта значительно уменьшится. Но всё-таки и при этом, я думаю, её легко обнаружить при помощи термомультипликатора.

Для свинцового столба в 2 метра высоты максимум (t) составит $0,15^\circ\text{C}$, или около $1/7^\circ\text{C}$. Понижением температуры окружающего воздуха можно пренебречь, так как оно в 5 раз меньше, чем для свинца.

Опыты должны производиться в деревянном сарае с деревянным полом и крышею и лучше в пасмурную погоду. Должен быть при опытах сквозняк. Так что вместо сарая можно взять навес, но с полом. Свинцовый столб заключается в свободный чехол, набитый пухом или ватой. В футляре – отверстия с ватными крышками. Через отверстие приставляется непосредственно к свинцу кубик термомультипликатора. Так как, по нашей гипотезе, верхняя часть столба должна иметь низшую температуру, чем воздух, а нижняя – наоборот, то кубик прибора, одной стороной касающийся верхнего конца свинца, а другой вставленный на воздух, даст электрический ток, который и отклонит стрелку гальванометра на понижение температуры. Прodelав то же с нижней частью столба, получим обратное отклонение стрелки.

Подобные исследования должны показать:

- 1) что в средней части столба повышение температуры не заметно;
- 2) что оно пропорционально удалению от средней высоты столба, причем выше середины оно отрицательно, а ниже – положительно;
- 3) что оно зависит от теплоемкости;
- 4) но, конечно, тут играет роль также теплопроводность испытуемого вещества и его укутывание;

5) наклонение столба должно сопровождаться уменьшением разности температур;

6) горизонтальное положение – полным уничтожением этой разности;

7) два вертикальных столба, из двух разнородных металлов, спаянных внизу или вверху (вид камертона), должны составить термоэлектрическую пару. Так что концы её, соединенные проводами с полюсами гальванометра, должны давать ток и, следовательно, отклонение магнитной стрелки.

Сначала мысль, а потом действие. Без мысли не может начаться и дело. Хорошо если эта статья пробудит мысль молодых учёных и заставит их произвести указанные опыты¹¹.

Но возвратимся к гипотезе. На основании её должна быть громадная разница температур (независимо от разницы в силу множества других причин) между различными частями Солнца, в зависимости от близости их к центру светила. Но эта разница может более или менее сглаживаться, благодаря хорошей теплопроводности масс. Внутри небесных тел она должна быть хороша вследствие ужасающего давления и происходящей отсюда близости молекул между собою. Говоря про земной шар и *игнорируя собственный источник его центральной теплоты*, скажем, что в начале, идя от его поверхности, повышение температуры должно идти весьма быстро, благодаря плохой теплопроводности рыхлых наносных слоев земной коры; но затем, по причине уплотнения от давления, это повышение должно быть всё менее и менее, по мере уплотнения пород и увеличения их теплопроводности.

Повышение не может быть, конечно, больше 14°Ц, на километр углубления, несмотря на самую плохую теплопроводность. Для многих металлов оно, по формуле, должно быть раз в 5 больше, но эта разница сглаживается прекрасною теплопроводностью их (металлов).

Допуская для Земли повышение 1°Ц на километр, нашли бы для центра Земли температуру в 3000°Ц, а для Солнца, принимая в расчет усиленную тяжесть и огромные размеры светила, - около 9000000°Ц. Конечно, эти цифры фантастичны. Поверхность Солнца, по многим современным данным, имеет температуру около 7000°Ц.

¹¹ Я, между прочим, сам не произвожу эти опыты, отчасти и потому, что мне всё равно не поверят, как не поверили моим опытам по сопротивлению воздуха, которые, однако, подтверждаются всё более и более, по мере производства тех же опытов другими учёными.

Применяя нашу гипотезу к земным океанам, мы не видим, чтобы она оправдывалась. Действительно, температура экваториальных морей уменьшается с углублением вод. Но это явление легко объясняется потоком холодной воды полярных океанов, идущим в глубинах и заполняющим нижние слои экваториальных морей. Влияние конвекции превышает во много раз влияние тяжести, производящей обратную разницу температур. Притом, ввиду большей теплоёмкости воды, превышающей в 6 раз теплоёмкость воздуха при постоянном объёме (0,17), разница температур на километр понижения немного превышает 2°Ц ($2\frac{1}{3}$), если даже совсем исключить влияние теплопроводности, теплопрозрачности, конвекции и других причин, уравнивающих температуру.

Если не из повышения температуры в твёрдых телах, которое должно быть доказано опытами, то из повышения температуры в атмосфере, которое нельзя ни отвергнуть, ни объяснить другим способом, мы видим, что постулат Клаузиуса в чистом виде, без оговорок, не оправдывается. Сила тяготения, как и другие причины, - число же их неизвестно, - его нарушают. Вот почему необходима к постулату оговорка: «сама собою». Действительно, теплота переходит от холодного тела к теплomu, но не само собой, а через вмешательство силы тяготения. В своём чистом виде, постулат может быть нарушен и ещё во множестве случаев, но опять не сама собою, а вследствие каких-либо исключительных условий.

Таким образом, Клаузиус в некотором роде прав. Но ведь в таком случае, - когда бы постулат ни нарушался, если даже он всегда нарушается, - мы можем сказать, что это произошло не само собою, а вследствие какой-нибудь причины.

Постулат Клаузиуса неразрывно связан с положением Томсона: «нельзя получить при помощи неодушевленной материи работу от какой-либо части материи, охлаждая ее ниже температуры наиболее холодного из окружающих тел». Короче – если температура в данный момент одинакова для данного изолированного мира и иной энергии, кроме тепловой, нет, то нельзя получить из последней полезную для человека механическую работу. Это положение кажется грубоочевидной истиной.

Но если нарушается (не сам собой) постулат Клаузиуса, то должно нарушиться и правило Томсона, и даже без всякого участия одушевленной материи.

Уясняя это, прошу извинить меня, что я начинаю с повышения температуры, под влиянием тяготения, в *твёрдых* телах. Хотя я сам в

это повышение сильно верю, но оно ещё совсем, насколько мне известно, не доказано.

Потом перейдем к газам, но и ниже описанная мысль маленький интерес всё-таки имеет.

Мы видели, что на земном шаре повышение температуры с углублением, главным образом, зависит от особого источника теплоты, находящегося внутри Земли. Здесь повышение температуры, с точки зрения нашей гипотезы, почти совершенно заглушается повышением температуры от других причин. Но если бы их и не было, повышение температуры с углублением, по нашей гипотезе, все равно бы было, хотя и в 2-3 раза меньше. Можно представить себе другую планету, которая не имеет внутреннего источника теплоты, но с большей тяжестью на поверхности и с меньшей теплоемкостью коры. В ней повышение температуры может быть даже больше, чем на Земле.

Итак, буду эту воображаемую планету, без внутреннего источника теплоты, называть Землей и говорить о ней, как о Земле.

Пусть на ней находится шахта версты в 4 глубины, состоящая из двух отвесных каналов, сообщающихся внизу между собою. Наполним их водою; так как на глубине 4 верст температура будет градусов в 120°C , то вода в каналах нагреется и температура ее в высших частях дойдет до 120°C .

Но вода не останется в равновесии: одна из двух шахт, хотя немного (случайно) будет нагрета сильнее. В ней водяной столб будет легче и поэтому он устремится кверху, перевешиваемый более холодным столбом. Сначала это движение будет слабо, еле заметно, а затем достигнет известной постоянной силы, потому что, при движении, вода в выводящем канале, пройдя большее расстояние, будет иметь температуру несравненно более высокую, чем в другом канале, куда вода только что поступила с охлажденной поверхности Земли.

При узком выходном отверстии шахты мы будем иметь не только горячую воду, но и механическую силу в форме высоко бьющего фонтана.

Вода, очевидно, будет с тою же энергией двигаться в каналах и при одинаковой начальной их температуре, - стоит только дать столбу воды толчок в той или другой шахте.

Циркуляция воды с течением времени может охладить часть внутренности Земли, окружающую каналы. Но, во-первых, теплота притекает кругом из более глубоких и нагретых частей земного шара, во вторых, сила тяжести и происходящие от сюда падения молекул, по предыдущему, будет вознаграждать потерю тепла насчет охлаждения

наружных частей земной коры, которая нагревается хотя бы той же горячей водой, которая добывает нам тепло из внутренности планеты.

Возможность сказанного подтверждается существованием горячих ключей и фонтанов на Земле. Мы видим тут круговорот теплоты: теплота планеты водяным потоком извлекается наружу. Здесь она, совершая работу в паровых или других двигателях, разливается по поверхности планеты и поглощается ею. Низкая температура наружных частей земной коры, в силу всемирного тяготения часть своего тепла передает внутренности Земли, повышая её температуру и вознаграждая её потери благодаря охлаждению водою. Последняя опять нам выносит теплоту и так бесконечно. Кроме того, часть теплоты самой природы превращается в кинетическую энергию, получаемую нами в образе циркулирующей жидкости. Так что в этом превращении уже никак нельзя подозревать участие одушевлённой материи, так как каналы так же могут возникнуть силами природы (гейзер).

Заметим, что сила тяготения должна так же повышать и температуру воды; но мы уже знаем, что это повышение в 6 раз меньше для воды, чем для земной коры, а потому оно не имеет большого влияния на описанное явление.

Можно и другими способами извлекать внутреннюю теплоту планеты, вызванную концентрированием тепла силою тяготения. Так можно извлекать эту теплоту путем параллельного пучка лучей, идущих вдоль прямолинейного канала. О возможности построения последнего я не хочу ничего говорить, также, как и делать какие-либо практические указания; хотя нелишне заметить, что углубление в земную кору и теперь достигает 1-2 верст. Меня сейчас интересует только теоретическая сторона. Но кто знает будущее! Всем, конечно, известно о мечтателях, думающих со временем утилизировать теплоту земной внутренности. Так, знаменитый химик Бертелло¹² рассчитывает, что человечество когда-нибудь воспользуется жаром Земли. Впрочем, и теперь эта теплота уже утилизируется для нагревания жилых помещений, бань и т.д.

Более всего очевидно влияние силы тяжести на повышение в столб весомого газа. Это повышение тут никакими иными причинами удовлетворительно и полно объяснить нельзя. Вполне разумно сомневаться в применении изложенной гипотезы к жидким и твердым телам, но уж никак не к газообразным.

¹² Здесь эти мысли мы осветили особенным светом.

В атмосфере можно также себе представить круговорот тепла, подобный описанному и допускаемый положениями Клаузиуса и Томсона в их чистом виде.

Вообразим себе в вертикальной плоскости замкнутую трубу, изогнутую в прямоугольник. Она наполнена водородом и стоит в атмосфере какой-либо планеты (или на Земле – в воздухе). Горизонтальные части этой металлической трубы пусть ничем не будут прикрыты, так что они будут иметь температуру воздуха (например снизу $+20^\circ$ и сверху -30°). Вертикальные же колена ее пусть закрыты непроводящими тепло веществами (пух). Верхнее колено трубки охладится (-30°) воздухом, нижнее – нагреется ($+20^\circ$). Температура отвесных боковых частей может быть вначале и одинакова и различна. Если одинакова, то надо дать столбу водорода в трубке толчок в ту или другую сторону. Если, например, верхний холодный газ толкнём вправо, то холодный водород потечёт в замкнутой трубке в правое отвесное колено. В нём, через некоторое время, температура установится, близкая к 30° холода. Напротив, в левой отвесной части, температура будет близка к 20° тепла. Верхнее горизонтальное колено, наполняясь теплым газом (20°), будет непрерывно выделять свою теплоту в верхнюю холодную часть атмосферы и охлаждаться до -30° . Этой теплотой мы можем воспользоваться для получения работы. Нижнее горизонтальное колено, наполняясь холодным водородом, будет непрерывно поглощать теплоту из нижней теплой части атмосферы, чем мы также можем воспользоваться для получения работы. В результате правое колено будет иметь всегда температуру на 50° более низкую, чем левое. Отсюда непрерывное движение газа в трубе и непрерывное выделение механической работы. Я пренебрегаю незначительным изменением температуры водорода в трубе под влиянием силы тяжести. Действительно, из выведенной нами формулы видно, что понижение температуры в столбе водорода, теплоемкость которого в $14\frac{1}{2}$ раз больше, чем воздуха, - в $14\frac{1}{2}$ раз будет меньше, чем в столбе воздуха, т.е. составит около 1° на километр понижения.

Из формулы же видно, что мы не можем с успехом наполнять трубу воздухом или, вообще, газом, теплоёмкость которого равна или меньше теплоёмкости воздуха, например, углекислым газом, хлором и т.д. Но мне кажется, что мы могли бы наполнить нашу трубку водою или другой подходящей жидкостью.

Как и в земной коре, мы здесь получили неиссякаемый источник механической работы и теплоты, которая может быть также превращена в энергию любого вида. Но не надо забывать, что и тут не нару-

шается закон сохранения энергии и ни теплота, ни работа не образуется вновь: мы имеем дело только с круговоротом энергии, какой, я думаю, существует в природе всюду.

Как то давно я читал статью. Автор её, говоря о неизбежном потухании Солнца, надеется, что порода двуногих все-таки извернётся. Тогда я подумал: Какой оптимизм!.. и не находил сам возможности выпутаться из беды. Но вот прошло два десятка лет и в моей душе созрело семя надежды об обратимости процесса рассеяния тепла. Если это так, то человечеству открывается будущее, независимое от солнечной энергии и даже внутренней самостоятельной теплоты Земли.

Да полно! Возможно ли это? говорил я себе тысячу раз. Нет ли тут какой ни будь ошибки, заблуждения, нелепости?

Хотя и не принято в самое последнее время всюду применять принципы механики; но ведь это только означает слабость момента. Слабость пройдет, - механика восторжествует.

Теперьшнее переходное время то и дело создает гипотезы, и тот час же отвергает их. И самые электроны «колеблются».

Механические же понятия существуют со времен Демокрита.

Глядя на природу с точки зрения механики, можно еще раз доказать, что ничего невозможного в описанных явлениях нет. В самом деле, представим себе вещество, состоящее (для облегчения рассуждений) из однородных атомов, движущихся с одной и тою же скоростью (v). Температура этого простейшего вещества (вроде газа), согласно современному взгляду на теплоту, будет Δv^2 .

Теперь вообразим, что один из атомов, ударился о пружинку или о поршень цилиндра с упругим веществом. Наш атом может потерять свою скорость, сжимая пружинку или другое упругое тело. Энергия кинетическая превратилась в потенциальную.

Так и все атомы могут потерять свою скорость, передавая собственную энергию другим телам. Понятно, что запасённой энергией мы можем распорядиться, как нам вздумается. Мы можем, например, некоторым атомом придать большую скорость, некоторым меньшую, а некоторым нулевую. Тогда, согласно формуле, одни атомы будут иметь высшую температуру, другие низшую, а третьи нулевую – в абсолютном смысле.

Если бы мы говорили про тела обыкновенной видимой величины, то в сказанном бы не было никакого сомнения.

Мало того – мы нашли бы ещё тысячу способов превращать малые скорости в большие и обратно.

Но где, скажете вы, в молекулярном мире эти пружинки, эти запаса­тели или хранители потенциальной энергии?

Вероятно, их сколько угодно, отвечу я, - может быть, это тяжесть, а может быть, и молекулярные силы. Разве мы знаем природу в полном объёме? Не знакомы ли мы, напротив, с одной каплею безбрежного океана Вселенной?

Раз мы признаём возможным для видимых масс процесс всевозможного изменения скоростей, без нарушения закона сохранения энергии, то должны признать его возможным и для невидимых в отдельности, по своей малости, масс – молекул, атомов и их бесчисленных частей. В противном случае наш взгляд на природу не будет широк.

Мы не знаем только всех условий, при которых это возможно. Пока мне выяснилось только влияние силы всемирного тяготения.

Не преждевременно ли отречься от столь плодотворного динамического воззрения на материальный мир? Если преждевременно, то это будет равносильно признанию возможности, под влиянием силы тяготения, перемещения тепла в ту и другую сторону, лишь без нарушения первого начала термодинамики.

Мне кажется, я даже не противоречу ни Клаузиусу, ни Томсону, гений которых предвидел нарушение постулата при особенных малоизвестных условиях, в противном случае эти первостепенные ученые не сделали бы к своим положениям известных оговорок: «сама собой» и «без помощи одушевленной материи».

Их последователи преувеличили значение постулатов и возвели их на степень законов. Подобное этому было с законом Ньютоновского всемирного тяготения, смысл которого так же в свое время был затемнён.

Из дневника К.Э. Циолковского, 8 сентября. 1914 года.

Обратился в Леденцовское общество с просьбой оказать материальную поддержку в проведении опытов по изучению изменения температуры твердых тел в зависимости от изменения высоты и силы тяжести, которые были необходимы для обоснования выводов, изложенных в работе "Второе начало термодинамики".

19 сентября. 1914 года.

Леденцовское общество просило Н.Е. Жуковского дать заключение о целесообразности проведения опытов, предложенных КЭЦ.

Позднее Н.Е. Жуковский и В.П. Ветчинкин представили отрицательный отзыв.

Ходатайство К.Э. Циолковского о выделении ему 200 руб. на производство опытов, описанных в его работе "Второе начало термодинамики".

1914., 8 сент.

ОБЩЕСТВО
ИМЕНИ К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО
12 СЕН 1914
РАСЧЕТНЫЙ ЛИСТ № 202

21

В Обществу Соединенной
Ученых и Исследователей
Имени К. Э. Циолковского.

Из Калуги (Королевская,
61), от К. Э. Циолковского.

Глубоко уважаемые Милосердые
Государи! Сам нектв на-
учной критики, но наука
не может двинуться вперед.
Надобны самнития и вы-
рабатываются много в посыл-
аемой брошюре о Втором
Начале Термодинамики (2-го
издания листового О-ва).

Мелкое бы митв
опунае подтверждение

Маминь самовольных.

В. 2

Не предполагая, что О-во
поручит мне произвести
опыты, описанные мною
на стр. 17 моей работы?

Необходимо не менее 200
(двухсот) рублей.

Съ совершенными уважениями
остановъ Н. Циолковский.

Р. В. Продолжаю зашифровать
мезаминдскими дирижаблями.
Сдвиганы также модели, баллы
совершенные.

На уважительныхъ отзывахъ Вашихъ
отъ 16 мая 1914г. мой ответъ
еще не готовъ. Н. Ц.

Отрицательная рецензия Н.Е. Жуковского
на заявку К.Э. Циолковского

Докладъ по делу № 841

Дело К. Э. Циолковского поступило 19 сентября 1915 г.

и было рассмотрено въ экспертной комисси, состоящей изъ Председателя доу-
решающаго профессора И. С. Кузнецова и члена изобретательнаго сою-
за инженера-механика В. П. Кривина.

Предметъ изслѣдованія или изобрѣтенія: Устройства для измерения
пути веревки при и высотъ въ радиальныхъ отъ
устройства или устройствъ.

Сущность просьбы: Было предложено — изобретение? орудия
и аппаратура 200 руб. на сообразительные мысли.

Соображенія: Устройства для измерения пути и высотъ теоретически возмож-
ны, но на практике они не могутъ быть выполнены, такъ какъ не существуетъ
устройства, способнаго измерять путь и высоту, не будучи соединеннымъ
съ объектомъ, путь и высоту котораго надо измерить. Поэтому устройство
для измерения пути и высотъ, предложенное заявителемъ, не можетъ быть
использовано на практике. Кроме того, устройство, предложенное заявителемъ,
не можетъ быть использовано на практике, такъ какъ оно не можетъ быть
использовано на практике.

~~Заключение экспертной комиссии~~ Устройство, предложенное заявителемъ,
не можетъ быть использовано на практике.

В виду того, что устройство, предложенное заявителемъ, не можетъ быть
использовано на практике, экспертная комиссия считаетъ невозможнымъ
выдать патентъ на это устройство.

Постановление Совета Общества: Патентъ на это устройство
выдавать не следуетъ.

Заключение экспертной комиссии: Экспертная комиссия
считаетъ невозможнымъ выдать патентъ на это устройство.
Ввиду того, что устройство, предложенное заявителемъ, не можетъ быть
использовано на практике, экспертная комиссия считаетъ невозможнымъ
выдать патентъ на это устройство.

3006

Богдан, который в настоящее время в институте не
 находится, и поэтому не может быть дан в математическом
 плане материал до определенной степени, но, чтобы описать
 при указанной задаче производимых экспериментов
 классический метод, было бы лучше, на основании
Трактата о движении тела.

Подпись соответствующий Иван Иванович
 Жуковский. Сделано в Петербурге
 21/12/1904.

В этом деле производимых
 $\frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2} \right)$
 Эксперимент Жуковский
 21/12/1904
 21/12/1904
 между собой 5-6 человек
 В. В. Жуковский
 К. В. Жуковский с 2-м номером
 19/12/1904
 на Жуковский в 1904.
 21/12/1904 Жуковский

Жуковский и Ветчинкин написали, что нет математического аппарата для оценки эксперимента.

Но если бы заранее всё можно было рассчитать, так и эксперимент бы не был нужен.

К. Э. ЦІОЛКОВСКІЙ
ПОЧЕТНЫЙ ЧЛЕНЪ
Калужскаго О-ва изученія природы иѣстнаго края.

ВТОРОЕ НАЧАЛО
ТЕРМОДИНАМИКИ.

Калуга, Коровинская, д. № 61, К. Э. Ціолковскому.

КАЛУГА.
Типографія С. А. Семенова, Никитскій пер., соб. домъ.
1914.

Библия и научные тенденции Запада

К.Э. Циолковский

Эйнштейн в своей теории относительности (релятивности) приходит, между прочим, к следующим выводам.

Вселенная имеет ограниченные размеры: примерно, 200 миллионов световых лет. Теперь это опровергнуто уже фактически астрономией. Размеры вселенной, по мере развития науки, всё более и более расширялись и в настоящее время перешли эйнштейновские пределы. Указание на пределы вселенной так же странно, как если бы кто доказал, что она имеет в поперечнике один миллиметр. Сущность одна и та же. Не те же ли это ШЕСТЬ дней творения (только поднесённые в другом образе). Мы не знаем ограниченности во времени. И сам Эйнштейн признаёт его неограниченность в прошедшем и будущем. Но раз время беспредельно, то как же может быть ограничено пространство!

Второй вывод его: скорость не может превышать скорости света, т.е. 300 тысяч километров в секунду. Это те же шесть дней, якобы употреблённые на создание мира.

Джинс старается доказать и успевает в этом, что образование планетной системы, подобной нашей, есть исключительное явление, происшедшее благодаря близкому прохождению двух солнц: одно вытягивает из другого силою притяжения планетную систему. Такое её происхождение так мало вероятно, требует такого громадного промежутка времени, что есть единственное – чуть не для всей вселенной (или хоть нашего Млечного Пути). Отсюда вывод: наш земной мир, наше человечество исключительно и единственно в мире. Не есть ли это возвращение к геоцентрической системе Птолемея и к библейским преданиям, поднесённым с иным гарниром! Да, оно очень нравится католицизму и другим, всё ещё не упразднённым верованиям.

Но раз доказано, что третья доля солнц имеет громадные неостывшие спутники (двойные и многократные звёзды), то как же оценить всюду распространённые планетные системы! Спутники солнц остынут, и не получатся ли тогда те же планеты! Множество (2/3) их уже остыло, но их не видно по отдалённости и темноте их.

На каждом шагу мы видим однообразие, или монизм вселенной: всюду довольно сходные солнца, похожие между собой галактики (млечные пути) и даже их группы: везде одно и то же вещество (родоначальник его водород или более простейшее тело); везде один и тот

же солнечный свет, остывшие или неостывшие шарообразные тела; везде движение, сила тяготения и проч. Почему же тогда наша Солнечная система будет исключением, чудом природы? Одни и те же силы распоряжаются в космосе. Они явно проявляются в системе нашего Солнца и в системах Юпитера и Сатурна: их спутники или луны так же образованы, как планеты у Солнца.

Почему же при иных солнцах не образуются такие же планеты, как в нашей Солнечной системе! Теперь обратимся к нелепым предположениям о непрерывно расширяющейся вселенной, которые также хотят незаметно или заметно использовать для защиты библейских сказаний.

По спектроскопическим наблюдениям туманности или млечные пути (группы солнц), как бы гонимые страхом Земли, разбегаются от нас в разные стороны и тем скорее, чем они от нас дальше.

Тут нет ни страха, ни беготни. Если они и двигаются, то неправильно, в самых разнообразных направлениях и с обыкновенными астрономическими скоростями – в десятки или сотни километров.

Как же это примирить с несомненным указанием спектральных линий? Их перемещение указывает на увеличение длины световых волн, идущих от далёких, почти невидимых солнц. Но отчего же может происходить это увеличение? Оно может происходить не только от движения небесных тел, но так же и от других причин. Длина световой волны обратно пропорциональна квадратному корню из упругости эфирной среды и прямо пропорциональна квадратному корню из её плотности. Значит, источник этого явления – непрерывно возрастающего и стройного движения очень отдалённых солнц – можно объяснить не только нелепым и невозможным движением небесных тел, доходящим по скорости до 20000 километров в секунду (7% скорости света), но и одной из следующих причин.

1. Чем дальше тело от нас, тем больше замедляется скорость света, и тем более увеличивается оттого длина его волны. Разве мы не видим такое же влияние материальной среды на скорость света и длину его волны? Почему же и в эфире не может быть того же. Ведь невозможно отрицать в силу монизма, что эфир материален.

2. Другая причина удлинения волны – увеличение плотности эфира. Это едва ли можно допустить.

3. Наконец, третья причина – уменьшение упругости, что так же сомнительно, как и предыдущее, так как тогда нужно предположить, что изменение плотности или упругости, исходя из нашего местоположения, составляет как бы центр этих явлений. Это недопустимо.

Проще объяснить замедление скорости света громадным расстоянием и препятствием со стороны всюду рассеянной в пространстве обыкновенной материи, источник которой тот же эфир. Случайное соединение его частиц даёт материю сложную и менее упругую, чем эфир. Это одна из возможных причин.

Надо, впрочем, заметить, что многие учёные не верят этому стремительному расширению вселенной и пользуются в этом случае указанием спектроскопа для определения громадных расстояний от нас до звёздных групп (галактик): чем скорее кажущееся движение, тем дальше туманность (галактика).

Увеличение длины световой волны на сравнительно небольших расстояниях, конечно, зависит более всего от разности в движении светил: тут влияние расстояния мало сказывается. Другое дело – невообразимо большое расстояние спиральных туманностей, или галактик: там преобладает влияние расстояния.

Перейдем теперь к идеям о тепловой кончине космоса.

Совершенно очевидно, что тепло идёт от нагретой части тела к холодной, и не надо талантов Клаузиуса и Томсона, чтобы этому поверить.

Но и отсюда нашлись охотники сделать вывод о тепловой смерти вселенной: нагретые её части, каковы солнца, непрерывно теряют теплоту и охлаждаются. Напротив, холодные части поглощают эту теплоту и нагреваются. В конце концов, температура всех частей космоса уравнивается. От этого прекратится движение энергии, и мир омертвеет. Понятно, что тогда исчезнут все следы органической жизни. Вселенная, по-видимому, должна застыть, сделаться неподвижной, мёртвой массой и поставить крест над своей деятельной жизнью, которую мы видим теперь: не только органическая жизнь прекратится, но погаснут и солнца.

Но дело обстоит гораздо сложнее. Я и другие доказывали обратимость тепловых и химических явлений и вечную неизбежную и цветущую деятельность космоса. Тут не место приводить эти доказательства: они чересчур сложны и многословны. Мы можем привести только факты и философские доводы. Факты состоят в том, что вместо угасших солнц возникают новые, а философское доказательство в следующем. Если вселенная, в смысле уравнения тепла (энтропии), была мертва, то, значит, она способна выходить из этого печального состояния, и нам нечего бояться тепловой смерти космоса. Если же он вечно сиял, как теперь сияет, то может ли прекратиться вечное! Что сохранилось в течение бесконечности времён, то не может уже исчез-

нуть. Так не могут исчезнуть и небесные огни, а, следовательно, и жизнь, производимая ими.

Вывод сторонников вечной тепловой смерти мира указывает как бы и на его возможный конец, последний же и вероятность начала вселенной, ибо что кончается, то имеет и начало.

То и другое отчасти идёт на руку библейским сказаниям, так как и там говорят о начале и конце мира. Вот зачем нам нужны эти нелепости о тепловой смерти космоса: мы не можем никак отрешиться от наивных преданий человечества, внушённых нам окружающей нас рутиной.

Влияние библии сказывается и на отрицании самозарождения: жизнь неизвестно как, когда и где зачалась. Её происхождение – небеса. Споры жизни, всюду распространённые в космосе, попали на нашу планету и дали ей существ.

Перечислим же замеченные нами тенденции.

А. Начало и конец вселенной; по крайней мере в отношении биологической жизни.

Б. Ограниченность космоса в пространстве.

В. Исключительность нашей планетной системы и, следовательно, самого человечества: иных планетных систем нет, а, следовательно, и иных человечеств.

Г. Отрицание самозарождения. Источник жизни небесные споры.

Д. «Научная» мысль об уничтожаемости материи подтверждает предания о тленности вселенной и конце материального мира.

О «Втором начале термодинамики» К.Э. Циолковского

Рудольф Бьеран (Центр Жилия Гастона Гранже, НЦНИ, Франция)¹³

Почему космонавтика, начало которой было положено работами Циолковского, связана с проблемами термодинамики?

Константин Циолковский известен во всём мире своими основополагающими работами в области космонавтики. Гораздо меньше известны его ранние работы в области термодинамики, применение которых в космологии важно для понимания его более позднего подхода к космонавтике. Вероятно, не следует удивляться незнанию этих его работ. В самом деле, его работы в области космонавтики тоже были бы проигнорированы, если бы они не привели к таким великолепным техническим подвигам человечества в космосе. С другой стороны, работы в области космологии привлекают гораздо меньше внимания, так как они касаются только наших представлений о космической среде и не связаны непосредственно с какими-либо впечатляющими техническими достижениями. Можно даже решить, что ошибочная космология не окажет прямого влияния на наше существование. Но так думать - значит совершить серьёзную ошибку, которую Константин Циолковский полностью осознавал. Взгляните сами, чем отличаются следующие две философские концепции:

1) Вселенная в начальные времена представляла собой маленький шарик очень плотной инертной материи. Затем этот шарик взорвался («Большой взрыв»), и его материя начала распространяться в расширяемом пространстве-времени. Жизнь, несуществующая и особенно невозможная в первые дни существования Вселенной, появилась благодаря спонтанному чуду (электромагнитное возбуждение первичного белкового супа?). Но далее, и после такого удивительного возникновения жизни, Вселенная продолжала свое развитие, вплоть до полного распада материи и исчерпания всей свободной энергии, требуемой для живых процессов. В современной космологии это называется *тепловой смертью Вселенной*. Таким образом, изначально точечная и мертвая вселенная превращается в огромную однородную среду, столь же мертвую. Жизнь, которая появилась посередине, была просто аномалией. Человечество, случайно возникшее посреди этого космического

¹³ Rudolph Biérent (Centre Gilles Gaston Granger, CNRS, France)

процесса, не может иметь никакой миссии в этой Вселенной, предназначенной для смерти. В лучшем случае человек может использовать физико-химические возбуждения, производимые его материальным мозгом, удивительным продуктом изначального шара материи. Человек должен стремиться к наслаждениям и не считать ничего священным в этом мире, потому что смерть была и будет, и наша жизнь, возможно, является лишь иллюзией, порожденной слепыми силами природы, о чём свидетельствуют самые последние открытия в нейробиологии. В такой космологии даже машины можно считать разумными, и даже более достойными, чем люди, если они позволяют приносить ещё больше удовольствий.

2) Астрономические наблюдения дают нам сведения только о малой части Вселенной. Однако в этой части мы видим фантастическую организацию материи в виде планет, звезд, туманностей, галактик, скоплений галактик. Иногда мы наблюдаем взрывающиеся звезды (новые или сверхновые), выбрасывающие в космос громадное количество частиц, которые будут снова образовывать туманность. В туманности, распадающейся под воздействием своей собственной массы, рождаются новые звезды, которые некогда непременно должны будут умереть, но и родиться затем заново, в вечном цикле без начала и конца. В этой Вселенной не может быть смерти, потому что, как мы увидим ниже, ньютоновская физика, примененная к массивным звездам, делает материю нестабильной системой: всегда рекомбинирующей под действием гравитационного притяжения, но также и распадающейся из-за чрезвычайного давления в центре звезды. Таким образом, человек, находящийся в центре Вселенной, где явления, происходящие в масштабе бесконечно малого, имеют последствия для бесконечно большого, от бесконечных времен до вечности, может лишь удивляться своему месту в этой великой космической игре. Но космос ждёт полного развития своей истинной силы, выходящей за пределы игры физических законов: выражения сознания (или воли, или разума¹⁴). И это сознание, согласно Циолковскому, уже присутствовало в материи в своем наиболее примитивном состоянии, поэтому оно составляет истинную силу Вселенной. Таким образом, существование человека во Вселенной не напрасно. Будучи носителем разума и, следовательно, величайшей силы, проявляемой природой, человек должен служить природе. Исследование космоса позволит ему не только

¹⁴ К.Э. Циолковский, Воля Вселенной, 1929.

спастись от космических катаклизмов, но и более широко распространить разум в бесконечные пространства Вселенной.

В зависимости от того, преобладает первый или второй космологический сценарий, результаты развития человеческого общества будут сильно отличаться. Циолковский, очевидно, являлся сторонником второго сценария¹⁵. Читатель может заметить, что выбор между космологическими сценариями зависит не от личности, а от объективной науки. Статья Циолковского «Второе начало термодинамики» призвана дать ответ сторонникам первого сценария в области точных наук. Упомянутый выше первый космологический сценарий сегодня поддерживается многими, со ссылкой на второе начало термодинамики, обеспечивающее стабилизацию любой природной системы путем термической гибели. Но это второе начало имеет силу только в очень специфическом контексте, соответствующем нашему человеческому масштабу. Как отмечает Циолковский, физические законы различны в атомном, человеческом и галактическом масштабах.

Открытие неравновесной физики

Второе начала термодинамики впервые сформулировал Рудольф Клаузиус в 1850 году, после того как он переоткрыл основополагающую работу Сади Карно о тепловых двигателях. Второе начало основано на наблюдении, которое мы ежедневно видим в современном мире: после того, как я истратил полный бак бензина, я не могу вернуть его обратно в бак моей машины, чтобы продолжать ездить. Представим себе процесс, собирающий частицы, выбрасываемые выхлопной трубой машины и снова конденсирующий их в жидкий бензин в баке. Согласно второму началу, каким бы ни был такой процесс, я по-

¹⁵. "Описанные нами свойства материи (притяжение разных родов, соединение, разложение и зависимость упругости материи от поступательной скорости и сложности частиц) объясняют механическую сторону Вселенной, её периодичность, то есть непрерывное погасание и возрождение солнц и планетных систем. Благодаря этому, в общем, состояние Вселенной никогда не изменяется, она никогда не умирает, не погасает, а вечно цветёт солнцами, планетами и жизнью. Она вечно юная или мужественная - в полном расцвете своих сил. Она бессмертна не только в отношении постоянства материи и сил, но и в отношении всегда бурной её жизни - органической и неорганической" (К.Э. Циолковский, *Основные физические гипотезы*, 1933 г., эта статья есть в сборнике «Строение вещества и света», К.Э. Циолковский, М., 2019, ООО «Луч»)

лучу бензина, или энергии меньше, чем было затрачено. В самом деле, когда я сжигал бензин во время поездки, я не только окислял его и превращал в газ, давление которого, приложенное к поршням, позволяло вращать колёса. Я также нагревал этот газообразный продукт сгорания, то есть передавал каждой частице газа случайные малые импульсы движения. Таким образом, я производил как макроскопическое движение (колёс), так и микроскопическое движение (молекулярное возбуждение газообразного продукта сгорания). Движение, которое меня здесь интересует, это, очевидно, макроскопическое движение. Но при его получении я «терял» ту часть энергии, которая, передаваясь продукту сгорания, не преобразовывалась в механическое движение. У нас нет возможности использовать механически неупорядоченное тепловое движение. Затем продукт сгорания рассеивался в атмосфере, и мы о нём больше ничего не знали. Если же я захочу повторить поездку, то я буду вынужден снова использовать бензин, произведённый из нефти, собранной для переработки в разных местах планеты.

Итак, Клаузиус обобщил запрет на возврат в макроскопическом (нашем) масштабе части молекулярного движения при преобразованиях или физических движениях. Говоря другими словами, вечное движение невозможно потому, что всегда будет происходить передача энергии с макро на микроуровень. Конечно, молекулы или частицы всегда будут находиться в движении, но этот масштаб не соответствует, ни человеческой, ни даже одноклеточной жизни. Таким образом, в конечном счете, нам придется смириться с «тепловой смертью» всего существующего во Вселенной, то есть с ограничением всего движения только микроскопическим масштабом, на котором невозможна организованная жизнь. Таким образом, начиная с драматической невозможности заставить наши двигатели работать бесконечно, мы обобщаем эту трагедию на всю Вселенную и предсказываем, на космологическом уровне, тепловую смерть всего.

Однако в этом рассуждении Клаузиуса имеется ошибка, с которой разобрался Циолковский.

Рассуждение Клаузиуса относится к обыденным материальным потребностям человечества. Если же мы станем рассматривать Вселенную шире, чем только как источник материальных благ, если мы не будем сводить её к планете Земля и источникам энергии, пригодной для использования нашими машинами (нефть, уголь или радиоактивные материалы, используемые в ядерной промышленности), если мы поднимем глаза от изобилия недр к небу, то мы сможем уви-

деть организованный космос, который ни в коем случае нельзя рассматривать как конгломерат неорганизованной материи. Наш космос – это не продукт выхлопной трубы, называемой сегодня Большим Взрывом. Циолковский отмечал во многих своих статьях, что сила гравитации, существующая во Вселенной, без усилий человека, «бесплатно», собирает разбросанные в космосе частицы. Из них образуются туманности, сжимающиеся под собственной массой и рождающие звёзды. Кроме того, как мы теперь знаем, и световое излучение собирается под действием гравитации сверхмассивных объектов, называемых «чёрными дырами». Эти чёрные дыры являются, так сказать, регенераторами Вселенной в космическом масштабе, противодействующими рассеиванию энергии, наблюдаемому, согласно Карно и Клаузиусу, в нашем человеческом масштабе.

В первой статье нашего сборника, озаглавленной «Продолжительность лучеиспускания солнца», написанной до «Второго начала термодинамики», Циолковский уже отмечал нестабильность столба газа с поверхности до центра Солнца (то же самое рассуждение применимо к планетам или любым массивным светилам). Эта нестабильность возникает из-за собственного веса, сжимающего столб, и из-за увеличения плотности и температуры вещества при приближении к центру звезды, которые противостоят сжатию. Баланс между давлением, плотностью и температурой газа известен в стандартных условиях как соотношение Бойля-Мариотта. Отсюда следует, что в те промежуточные времена, когда вещество звезды преодолевает силы тяготения и до того, как её внутренние слои снова станут сжиматься, мы должны наблюдать вспышки излучения от неё. Это объясняет наличие одиннадцатилетних циклов солнечной активности, описанных соратником Циолковского Александром Чижевским в работе «Физические факторы исторических процессов» (1924 г.) и связанных с важнейшими событиями в истории человечества (революции, эпидемии и т.д.). В экстремальных условиях отношение Бойля-Мариотта, конечно, не соблюдается, но его можно заменить другим равновесным соотношением между сжимающим действием гравитации, сопротивлением материи, и расширяющим ростом температуры. Циолковский не знал о реакциях ядерного синтеза, которые возникают в центре звёзд вследствие экстремального сжатия. Но общий вывод Циолковского остаётся верным: в природе в космическом масштабе нет равновесия. Известные на сегодня ядерные реакции никоим образом не создают равновесия. И второе начало термодинамики неприменимо в космическом масштабе, потому что энергия движения молекул, непригодная в

макроскопическом масштабе, для использования в наших машинах, снова концентрируется и организуется при большой силе гравитации, обусловленной большой массой звезды. Эта сила гравитации позволяет более холодным частицам, расположенным во внешних слоях звезды «падать» в направлении более теплых частиц ближе к центру звезды. При этом мы наблюдаем передачу энергии от холодных источников к горячим, что невозможно в человеческом масштабе, но возможно в масштабе космическом, и чего Клаузиус или Томпсон не предвидели. Они, как отмечал Циолковский, пренебрегли влиянием гравитации на газ, что имеет место на поверхности Земли¹⁶. Фундаментальная важность гравитации для полного описания термодинамических явлений была вновь открыта лишь полвека спустя, Ильей Пригожиным¹⁷, получившим Нобелевскую премию по химии за свою работу по неравновесной термодинамике.

Космологические последствия бесконечно малого для бесконечно большого

Циолковский опроверг универсальность второго начала термодинамики и его следствия – невозможности вечного организованного движения в космическом масштабе. Но это не опровергло теорию расширяющейся Вселенной, так как эта теория не зависела напрямую от второго начала, а следовала из уравнений относительности Эйнштейна. Корреляция между этим решением, утверждающим расширение Вселенной, и вторым началом, безусловно, способствовала продвижению тезиса о расширении. Таким образом, хотя теория относительности была полностью независимой от термодинамики, её сторонники отклоняли термодинамические тезисы Циолковского. Циолковский писал в своей статье «Второе начало термодинамики», что Орест Хвольсон, которому мы обязаны выводом в 1924 году из уравнений теории относительности эффекта гравитационной линзы, отвер-

¹⁶ "Я утверждаю, что температура газа не останется постоянной, несмотря на её первоначальную равномерность. Наружные её части охладятся, за счёт чего нагреются центральные части. Последние, путём лучеиспускания (если масса теплопрозрачна) и теплопроводности, будут нагревать охлаждённые периферические слои, но нарушенная равномерность температур не вполне восстановится. [...] Причина этого предполагаемого мною явления - всемирное тяготение". (*Второе начало термодинамики*, К.Э. Циолковский).

¹⁷ Ilya Prigogine and Isabelle Stengers, *La nouvelle Alliance*, Folio Essais, 1986, с. 279.

гает по непонятным причинам его работу по термодинамике. Вероятно, Хвольсон уже знал работу своего коллеги по Санкт-Петербургскому университету Александра Фридмана, который впервые предложил в 1922 году математическую модель расширяющейся Вселенной. И, как показывает наш собственный анализ двух возможных концепций мира, любое изменение в физике на локальном уровне ставит под сомнение всю концепцию мира и человека. Противостояние между физиками в вопросах, затрагивающих глубокие вопросы существования, может быть очень жестким. Например, Эйнштейн был противником концепции расширяющейся Вселенной, разработанной на основе его собственных уравнений. Он продвигал своё математическое решение, описывающее стационарную Вселенную. Когда Фридман отправил своё решение Эйнштейну, последний жестко раскритиковал его, утверждая, что в нём содержатся ошибки в расчетах. Когда снова Жорж Леметр, бельгийский математик и священник, лично представил Эйнштейну на Сольвеевском конгрессе 1927 года своё математическое решение расширяющейся Вселенной, Эйнштейн, по легенде, ответил: «Ваша математика правильна, но Ваша физика мне отвратительна». Эйнштейн специально ввёл в свои уравнения космологическую постоянную, чтобы обеспечить математическую обоснованность стационарной Вселенной. Его критики убрали эту константу и продолжили свои вычисления. Сегодня, по иронии судьбы, мы реабилитируем константу Эйнштейна, чтобы продемонстрировать обратное тому, для чего он её ввёл: мы должны спасти текущие интерпретации астрономических наблюдений над Вселенной, которая, по-видимому, расширялась бы намного быстрее, чем предсказывает теория.

Этот пример показывает, что математики могут сегодня придумать теорию, чтобы доказать одно, а завтра придумать другую теорию, чтобы доказать противоположное, как греческие софисты. Математика оперирует, подобно риторике, языковыми конструкциями, для которых критерием истины является логическая непротиворечивость. Но логическая непротиворечивость теории не означает, что теория отражает реальность. Математиков это беспокоит, и они ищут в физических явлениях источник вдохновения для изобретения новых математических объектов и вытекающих из них теорий, либо факты, подобранные так, чтобы оправдать свои теории. Это диалектическое движение математики может быть ценным, кроме тех случаев, когда кто-то, вместо объяснения фактов, лишь представляет их символами. Математика всегда может представить факты символами, поскольку наш язык способен адаптироваться к любой ситуации. Однако талант-

ливый учёный находит сжатое и изящное выражение фактов – таково, например, предложенное Эйнштейном объяснение довольно необычного физического факта: скорость света всегда постоянна, независимо от системы отсчета. Здравый смысл говорит, что скорость любого движущегося объекта состоит из его собственной скорости и скорости его системы отсчета. Например, скорость мяча, брошенного из поезда и наблюдаемого с платформы, является суммой скорости мяча в поезде и скорости поезда. Но это правило не относится к свету: фотон (или частица, которая могла бы составить «зерно света») всегда имеет одинаковую скорость в поезде, вне поезда или в любом месте, в отличие от относительной скорости любого макроскопического объекта. Не имея физического объяснения этого явления, Хендрик Лоренц предложил его математическое решение - «преобразование Лоренца». Это преобразование определяет скорость любого объекта так, чтобы математически обеспечить неизменность скорости света в любой системе отсчета. Говоря прямо, это трюк, но его нечего стесняться. Вслед за Лоренцем, Анри Пуанкаре изобрел теорию относительности, которая описывала увеличение инерции тел, когда их скорость приближается к скорости света. Эйнштейн сделал ещё один шаг: он переопределил пространство и время, исходя из преобразований Лоренца. Таким образом, вклад Эйнштейна в специальную теорию относительности является не математическим и не физическим, а, по сути, философским. Должна ли физика рассматривать пространство и время иначе, чем Ньютон? Почему бы и нет, но нам следует понимать, что пространство и время физических уравнений не совпадают с реальным пространством и временем, в котором мы живем, которые никогда не будут сведены к математической символике. Циолковскому не требовалось пересматривать природу пространства и времени, чтобы принять скорость света в качестве фундаментальной физической постоянной. В своей статье «Кинетическая теория света» (1919 г.)¹⁸ он рассматривал свет не как частицу, а как волну эфира, подобно звуку, который является волной воздуха (как все знают, бывают и водяные волны). Звук тоже имеет постоянную скорость при данной температуре и давлении. Поэтому мы говорим о скорости звука, а также о «звуковом барьере», который когда-то считался непреодолимым физическим ограничением скорости движения любого объекта в воздухе. Но сегодня, благодаря сверхзвуковым самолетам, мы знаем, что звуковой барьер на самом

¹⁸ См. сборник статей «Строение вещества и света», К.Э. Циолковский, М., 2019, ООО «Луч»

деле представляет собой просто границу между двумя различными физическими режимами механики жидкости или газа.

Как и свет, скорость звука всегда постоянна, будь то в поезде или вне поезда, поэтому она не является «относительной», как скорость мяча в поезде, который зависит от того, находитесь ли вы в системе отчёты поезда или в наземной системе отчёты. Это может быть объяснено особым состоянием воздуха, который является «средой» системы отсчета, а не просто движущимся объектом внутри него. По аналогии со звуком, мы могли бы рассматривать свет как вибрацию его среды, состоящей из крошечных частиц (порядка нынешнего фотона), называемую эфиром.

Эфир был ранее введен Ньютоном для физического описания гравитации и света. Подобно воздуху, эфир будет средой в поезде, поскольку эфир взаимодействует с веществом (см. взаимодействие между светом и веществом, описываемое электродинамикой), и скорость его колебаний остается неизменной в такой ограниченной среде, даже двигающейся относительно земли. Пренебрегая физикой снова, Эйнштейн намеревается ограничить интерпретацию гравитации чисто математическими уравнениями и требует удаления эфира в его общей теории относительности. Если бы мы применили эту математическую идеализацию к реальности, нам пришлось бы подчиниться символам и считать, что скорость света непреодолима. Но, как со звуковой стеной, разумно ли утверждать, что световая стена не преодолима? Почему новая физика не появилась бы за этой? Было ли необходимо создать новую Вселенную, которая возводит нашу неспособность испытать область сверхсветовой физики в абсолютной реальности?

В книге «Мнимости в геометрии» (1922) Павел Флоренский предлагает новое геометрическое представление мнимых чисел, которое должно, помимо прочего, физически понимать относительность. Точнее, это представление должно позволить нам понять мнимую ось времени, используемую в геометрии Минковского, которая составляет математическую основу теории общей относительности Эйнштейна. Добавим, что до Флоренского использование мнимых чисел в физике было чисто математической уловкой для облегчения разрешения дифференциальных уравнений без малейшего физического смысла, как если бы математическое удобство имело смысл само по себе.

Подводя итог, уравнения Эйнштейна принимают математическую формализацию, уже предложенную ранее для наложения инвариантности скорости света в соответствии с рабочей системой отсчета. Эта формализация позволила математически объяснить больше явлений,

чем эта инвариантность, или даже предвидеть физические факты, такие как гравитационная линза. Значит ли это, что математическая теория хватает? Нет, это только означает, что существует организованное физическое явление за теорией. А работы Пуанкаре, Флоренского или Циолковского могут позволить физически объяснить эти явления, без дисторсии пространства или множества времен. В самом деле, уравнения Эйнштейна не имеют физической ценности, а имеют только значение математической формализации. Интерпретации Эйнштейна явились философскими, а не физическими. Как таковые, эти интерпретации были естественно оспорены на философском уровне Анри Бергсоном, который не понимал, что разные скорости заставляют нас жить в различных временных вселенных, и утверждал уникальность мира, в котором мы живем.

Кроме того, добавим, что демонстрация Циолковским необходимого перецентрирования рассеиваемой энергии, гравитационной силой, также позволяет, подобно теории относительности, предвидеть и объяснять космические явления. Например, сейсмографы, размещенные на Луне, позволили измерить очень значительную сейсмическую активность. Однако мы считали ее «мертвой», без всякой активности, потому что она достигла бы своего термодинамического равновесия. Разумеется, значительная разница в температуре между освещенной Солнцем лунной землей и землей, которая остается в тени, может вновь привести к дисбалансам, но они никоим образом не могут иметь амплитуду, необходимую для объяснения удивительной лунной сейсмической активности. Таким образом, необходимо признать, что, согласно теории Циолковского, лунной массы достаточно для создания термодинамической неустойчивости, вносимой гравитацией. Или, опять же, мы обнаруживаем, что сверхмассивные черные дыры в центре галактик, чей свет не может избежать гравитационного притяжения, также не являются термодинамически устойчивыми. По мере того как они становятся больше, эти черные дыры вынуждены высвобождать свою энергию, которая сегодня действительно наблюдается в форме квазаров или самых великих источников энергии, известных на сегодняшний день во Вселенной. Подобно галактическому гейзеру, квазар возвращает во Вселенную в элементарной форме поглощенную им материю, что позволит образованию новых туманностей в космосе, где будут рождаться новые звезды.

Тем не менее, чтобы навязать политическую идеологию расширяющейся Вселенной создалась реальная интеллектуальная афера, которая все еще преобладает сегодня. На рубеже 1920-х и 1930-х годов,

телескоп горы Уилсон в Соединенных Штатах впервые позволил проводить точные наблюдения далеких светил, вплоть до различения самых ярких звезд, присутствующих в других галактиках, чем наша. Именно благодаря этим наблюдениям, проведенным Эдвином Хабблом, стало возможным обеспечить, что все светила в небе не принадлежат одной и той же галактике. Среди различных методов для измерения расстояния от нас далеких галактик, мы использовали линейную зависимость, отмеченную между их расстоянием и спектральным сдвигом к красному их линий поглощения («redshift»). Однако интерпретации этого спектрального сдвига давались разные. Сторонники экспансионистского решения уравнений Эйнштейна постулируют, что межзвездное пространство пусто (и тем более без эфира) даже на протяжении сотен миллионов световых лет, которые отделяют нас от самых отдаленных наблюдаемых звезд. Так что спектральный сдвиг можно интерпретировать как эффект Доплера (известный в случае звуковых волн как увеличение пронзительности сирены скорой помощи, когда она приближается, и переход к басу, когда она удаляется) и, следовательно, как удаленность от нас всех наблюдаемых далеких звезд. Согласно этой интерпретации, Вселенная расширяется в расширяющемся «пространстве-времени». Однако, как указывают Эдвин Хаббл, его коллега Фриц Цвикки и Константин Циолковский, такая интерпретация сдвига к красному как эффекта Доплера приводит к громадным скоростям тогдашних наиболее удаленных наблюдаемых галактик, порядка $1/7$ скорости света. Могут ли быть целые галактики,двигающиеся с такой значительной скоростью? Тем не менее, если мы рассмотрим скорость движения солнечной системы внутри нашей галактики или относительные скорости нашей галактики с ее соседями, рассчитанные порядки величин скорости будут гораздо более реалистичными, порядка ста километров в секунду. Таким образом, Хаббл считал, что может существовать еще необъяснимое физическое явление, связанное с линейным увеличением спектрального сдвига к красному, подобно «усталости» света. Цвикки пытался описать эту усталость или потерю энергии фотонов в рамке теории общей относительности как результат всех гравитационных притяжений, встречающихся на их траектории¹⁹. Следовательно, после вычитания линейного сдвига из измеренных спектров, Хаббл находит более трезвое гауссовое и изотропное распределение скоростей всех галактик около

¹⁹ Fritz Zwicky, *On the red shift of spectral lines through interstellar space*, Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 15, n 10, 1929, pp. 773- 79.

ста километров в секунду²⁰. Благодаря этому открытию, Хаббл всю свою жизнь был яростным противником интерпретации спектрального сдвига к красному как эффекта Доплера. После его смерти его преемники, тем не менее, предали его и окрестили «закон Хаббла» - закон, связывающий спектральный сдвиг и скорость галактик, чтобы воспользоваться его мировым авторитетом и навязать свое космологическое видение. Ныне астрономические наблюдения с помощью телескопов ещё более эффективны. Можно наблюдать галактики, которые имели бы видимые скорости выше, чем скорость света. Противоречие? Просто эффект расширения пространства, отвечает нам теория относительности. Но у нас действительно нет физического понимания того, что на самом деле означает перемещать галактику в расширяющемся пространстве-времени.

Вывод: человек на полпути между микрокосмом и макрокосмом

Чтобы понять физику Циолковского, или, в более общем смысле, древнегреческую физику, физику Галилея или Ньютона, физику Блеза Паскаля или Лейбница, необходимо иметь в виду фундаментальный принцип природы: бесконечно малое и бесконечно большое находятся в прямом взаимодействии. В результате этого взаимодействия в XX веке возникли две тесно связанные между собой новые теории: теория относительности и квантовая физика. Мы наблюдаем эффекты относительности, как правило, либо в космическом масштабе светил, где преобладают гравитационные явления, либо в масштабе элементарных частиц, единственных известных объектов, движущихся со скоростями, близкими к скорости света. Действительно, скорости, близкие к скорости свету (описаны специальной теорией относительности), и сверхмассивные объекты (описаны общей теорией относительности) суть два типа физических явлений, объединенных в единую концепцию относительности. Квантовая физика описывает физические эффекты, наблюдаемые исключительно в масштабе частиц, но поскольку они обуславливают структуру материи и стабильность её агломераций в сверхмассивных космических объектах, она также по своему тесно связана с космологическим вопросом. В этой перспективе Циолковский также интересовался квантовой физикой в статье

²⁰ Edwin Hubble, *The Realm of the Nebulae* (1936), Yale University Press, 2013, pp. 114- 15.

«Гипотеза Бора и строение атома» (1923)²¹. При этом он отвергал широко принятые постулаты, такие как существование электрически заряженной материи, которые он считает мистическими или чисто математическими концепциями. Вместо того, чтобы изобретать новую электрическую силу, он переопределил в атомном масштабе гравитационный закон на обратно пропорциональный кубу, а не квадрату расстояния (как то происходит в макроскопическом и гигантском масштабах, описываемых ньютоновской гравитацией). Это позволило ему найти те же спектральные полосы излучения атома водорода, что были найдены Бором. Такое проявление гравитации, описанное Циолковским, можно было бы связать и с силами, проявляющимися в атомном масштабе, которые мы сегодня называем «ядерными».

Есть и ещё один раздел природы, не изученный пока, расположенный между бесконечно большим и бесконечно малым – наш масштаб, макроскопический, или масштаб человека. Получается, что наш человеческий масштаб – исключительный в природе. Это масштаб, в котором движение не определяется ни гравитацией (как в космическом масштабе), ни тепловым возбуждением (как в микроскопическом масштабе). То есть, это масштаб, в котором все силы Вселенной балансируют, оставляя уголок свободы, где может господствовать живое. Или, как предполагал Владимир Вернадский в «Биосфере» (1926г.)²², мы должны даже рассматривать жизнь как фундаментальную силу природы, присутствующую повсюду в зародыше во Вселенной и ожидающую развития в благоприятной среде, где не доминируют ни гравитация, ни тепловое рассеяние энергии. Этим местом может быть поверхность, недра или атмосфера планет. Как минимум, размер живого организма должен быть порядка клетки, достаточным для контроля увеличения энтропии (в более общем смысле живые процессы можно рассматривать как негэнтропийные²³). Вернадский представлял земную биосферу как место захвата и накопления солнечной энергии в форме свободной энергии (или с точки зрения живого в форме бактериальной или растительной пищи), доступной живому царству – подобно гравитации, способной повторно концентрировать рассеиваемую

²¹ См. сборник статей «Строение вещества и света», К.Э. Циолковский, М., 2019, ООО «Луч»

²² многократно издавалась, см. В. И. Вернадский, Биосфера и ноосфера. — М.: Айрис-пресс, 2012.

²³ Г.П. Аксенов, *Энтропия и биота: направление проблемы от Ламарка до Вернадского*, Годичная научная конференция ИИЕТ РАН, 2017.

мую энергию в космическом масштабе. Поскольку эта солнечная энергия была получена в течение миллиардов лет и больше не уходила из биосферы, последняя неизбежно приводила к уплотнению во все более сложных живых формах, среди которых самой плотной формой стала разумная жизнь. Эта эволюция привела к развитию истинной силы живого: появлению разума и, следовательно, новой силы, способной сознательно направлять слепые силы, действующие во Вселенной. Кроме того, Вернадский, как и Бергсон, описывал время не с помощью математической уловки, позволяющей обеспечить инвариантность скорости света во всех системах отсчета, а через «долготу», переживаемую живыми существами²⁴.

Можно было бы упомянуть, помимо Константина Циолковского, Александра Чижевского, Павла Флоренского или Владимира Вернадского, других русских ученых первой трети XX века, которые защищали особое место человека во Вселенной, как и Блез Паскаль в XVII веке, чье влияние на русскую культуру было многозначительным²⁵. Все эти учёные принадлежат течению, называвшемуся «Русский космизм»²⁶, основанному Николаем Федоровым в конце XIX века. Федоров был наставником Циолковского во время его трехлетнего обучения в Москве, где он научил его философии регуляции природы, как в микроскопическом масштабе (чтобы преодолеть смерть или дезорганизацию наших частиц), так и в космическом масштабе (чтобы узнать законы формирования Вселенной и защититься от стихийных бедствий)²⁷. Добавим, что Фриц Цвикки считал, в духе русского космизма, что человечество не может быть удовлетворено астрономическими наблюдениями, потому что они являются лишь предварительными для нашего будущего завоевания космоса (в этом смысле Цвикки после войны обратился к космонавтике). Мы должны «реконструировать Вселенную» или сделать обитаемыми все её планеты, особенно путём изменения их орбит с помощью ядерного синтеза²⁸. Как сказал ранее Николай Федоров, траектории светил не могут быть оставлены сле-

²⁴. Г.П. Аксенов, *К истории понятий дления и относительности*, журнал «Вопросы философии», № 2, 2006.

²⁵. Б.Н. Тарасов, *Паскаль и русская культура*, «Алетейя», СПб, 2017.

²⁶. С.Г. Семенова, А.Г. Гачева, *Русский Космизм*, М.: Педагогика Пресс, 1993.

²⁷. Rudolph Biérent, *L'impératif cosmique – L'avant-garde russe du 19^e siècle* (livre 1), Paris, 2019, с. 125-151.

²⁸ Fritz Zwicky, *Morphological astronomy*, *The Observatory (journal)*, 68: 121 – 143, 1948.

пым силам природы. Или, находясь в полном согласии с Федоровым, Цвикки считал, что эта великая задача для человечества потребует развивать гениальность каждого, также чтобы больше никогда не пережить трагедий XX века.

Но научная попытка взять под контроль слепые силы природы может быть достигнута только людьми с очень высоким моральным уровнем, без которой они сами будут одержимы слепыми силами (как гордость разума, ограничивающая Вселенную уравнениями, или земные расстройства, проецируемые на Вселенную, и многие другие). Таким образом, чтобы получить доступ к высшим научным качествам, нужны высокое моральное стремление к служению человечеству и смелость, заставляющая отказаться от любых претензий на успех, но с другой стороны освобождающая от нынешних научных предрассудков. Вот почему, погруженные в очень неблагоприятный исторический контекст в России в начале XX века для любого свободного мышления, учёные-космисты в лучшем случае были презираемы, в худшем случае репрессированы. Но и наше время не намного благоприятнее для восприятия их идей, потому что наука так же политизирована. В последний год своей жизни Циолковский написал текст под названием «Библия и научные тенденции Запада» (1935 г., см. также настоящий сборник), где осудил политизацию космологии на Западе, которая, по его мнению, была адаптирована к католическому видению начала времени («первобытный атом» священника Жоржа Лемэтра, переименованный журналистами в Большой взрыв), из которого Вселенная движется к своей смерти (Апокалипсис?). Но в православном христианстве человек не чужд судьбе Вселенной. Человек спасает себя одновременно с природой. Он обожествлен своим действием прямо здесь. Такой человек занимается физикой, чтобы сочетаться со всей природой, а не потреблять ее или ограничивать ее до степени своих иллюзий. Есть два антропоцентризма: один обращенный к себе, предназначенный для того, чтобы наше наслаждение продолжалось в соответствии с ограничениями, налагаемыми вторым началом термодинамики, и другой, экстравертный, предназначенный для регуляции природы, чтобы спасти и помочь своему ближнему. Поэтому есть также две физики, которые противоречат друг другу. Ни одна теория не решит задач другой. Имеют значение не рассуждения, а то, что человек совершает. Достанет ли у нас смелости, чтобы населить Вселенную?

Содержание	
Тяготение как источник мировой энергии.....	3
<i>Продолжительность лучеиспускания солнца. Давление внутри звезд (солнца) и сжатие их в связи с упругостью материи</i>	<i>23</i>
<i>Второе начало термодинамики</i>	<i>41</i>
<i>Библия и научные тенденции Запада</i>	<i>64</i>
<i>О «Втором начале термодинамики» К.Э. Циолковского, Рудольф Бьеран</i>	<i>68</i>

..Э. Циолковский

Второе начало термодинамики

Редактор текстов К.Э. Циолковского - М.Ю. Симаков
Редактор текста Рудольфа Бьерана – А.Н. Маслов

Научное издание

?

Общество с ограниченной ответственностью
«Научно-издательский центр «Луч»
и редакция журнала «Самообразование»

Свидетельство о регистрации средств массовой информации в
Комитете РФ по печати № 015159 от 06 августа 1996 г.

Для переписки: Mr.Logic@list.ru

Сайт www.logicae.ru



Подписано к печати 12 апреля 2020 года.
Формат 60*90/16, объем 5,25 п.л., тираж 250 экз.
Печать цифровая.

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ПАО «Т8 Издательские Технологии»
109316, Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корпус 5 .
Тел: 8 (495) 322 38 30 www.t8print.ru