

Серия
«Космическая философия»



Константин Циолковский

Продолжительность лученспуска Голнца

Содержание

Продолжительность лучеиспускания Солнца	3
I	3
II	16
III	25
IV	31
V	37

Константин Циолковский

Продолжительность лучеиспускания Солнца (1899)

Давление внутри звёзд (солнца) и сжатие их в связи с упругостью материи.

I

Мы не имеем никакого понятия о законе распределения вещества в массах небесных тел; одно только очевидно: постепенное 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 ещё более уплотняются, благодаря страшному давлению, которому они подвергаются в центральных частях небесного тела.

Когда температура тела ещё достаточно высока, как, напр., 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 твёрдое 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 ещё 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 лёгкие 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 этого, все вещества, когда ещё 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 раскалённой 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 солнц 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 одинаковою 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 твёрдого тела. Однако и при этом условии равновесие не будет соблюдено, потому что страшно нагретые центральные области планеты будут передавать свою теплоту менее нагретым частям, путём 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.

Ещё Ньютон доказал, что притяжение внутри равномерно плотного шара пропорционально удалению от центра шара и равно

№ 1...

$$\frac{4}{3} \times \pi \times D \times p_1 \times r,$$

где r есть расстояние рассматриваемой массы от центра планеты, D — плотность её и p_1 притяжение единицы массы единицею 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

№2...

$$dF = -\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot p_1 D R (D dr) = -\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot p_1 D^2 \cdot r \cdot dr; \text{ откуда,}$$

интегрируя, получим

$$dF = -\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot p_1 D^2 \int r dr = -\frac{2}{3} \cdot \pi \cdot p_1 D^2 \cdot r^2 + c;$$

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

№ 3...

$$c = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot p_1 \cdot D^2 \cdot r_1^2.$$

Вставляя его в уравн. №2, получим:

№ 4...

$$F = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot p_1 \cdot D^2 (r_1^2 - r^2).$$

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

№ 5...

$$F_1 = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot p_1 \cdot D^2 r_1^2.$$

Или, условно,

№ 5...

$$F = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot \rho_1 \cdot D^2 r^2.$$

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

Так, принимая, что плотность Солнца вчетверо меньше плотности Земли, а радиус (r) его в 110 раз больше радиуса последней, найдём, 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

№ 6...

$$M = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot D \cdot r^3.$$

С её помощью мы можем выключить из уравнения №5 r или D , по желанию. Сделав то и другое, получим:

№ 7...

$$F = \frac{3 \cdot M^2 \cdot p_1}{8 \cdot \pi \cdot r^4}$$

и №8...

$$F = p_1 \cdot D \cdot \sqrt[3]{\frac{\pi}{6} M \cdot D}$$

Из первой формулы следует, что центральное давление внутри солнца, при его сжатии, прямо пропорционально четвертой степени уменьшения его линейных размеров (г); 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 (м) светила. Именно видно, что центральное давление (F) возрастает не только пропорционально сжатию (d), но даже быстрее: F пропорционально $D \sqrt[3]{D}$

Так, если бы Солнце уплотнилось в 8 раз (отчего поперечник его уменьшится только вдвое), то центральное давление

увеличилось бы в 8 раз и ещё 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 накалённом состоянии превращаются в газы, или перегретые пары, почти строго следующие закону Мариота-Бойля относительно сопротивления сжатию. Не можем ли мы на этом основании, с некоторою степенью вероятности, считать массу Солнца газообразной и подчиняющейся, при определённой достаточно высокой температуре, вышеупомянутому закону: плотность газа пропорциональна произведению 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 тою же формулой. Итак, видим: *предполагая для вещества Солнца и других подобных звёзд, в силу их чрезвычайной накаленности, закон Мариота-Бойля, найдём, что, при постепенном сжимании 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 идёт процесс сгущения, потому что тем более перевес давления (от тяготения) над силою упругости вещества. Спрашивается, почему же, на этом основании, Солнце и другие звезды не сгустятся почти моментально в точковыя безумно-сияющие массы?

Препятствий этому несколько, напр.:

1) Сгущение массы Солнца, производимое с ужасною силою, 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 идёт довольно медленно. Незначительные по объёму небесные тела, у которых внутреннее давление не так велико, покрытые корою, почти не проводящею тепло и абсолютно не выпускающей свет, не могут выделять энергию сгущения, 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 сгущение 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 твёрдом виде и при температуре солнц; новообразованная кора эта сначала только немного замедляет охлаждение тела, затем, по мере её утолщения, — все более и более; далее она становится темной, покрывается наносами, размельчёнными частицами, покрывающими планету, как тёплой шубой, окончательно прекращающей выделение энергии и сжатие, — светило

замирает. Не так ли замирали наши планеты, несмотря на внутреннюю ужасающую, но скованную температуру?

4) Вращение звёзд (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 силою тяготения, сжимающею сначала солнце в гигантский шар.

По мере сжатия звезды, по мере уплотнения её вещества, она все более и более сжимается по направлению оси вращения, превращаясь в лепёшку. Но и равновесие такой лепёшки, 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 её 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 ещё причина и даже самая главная: именно, действительно ли вещество, даже чрезвычайно накалённое, превращается в пар и следует закону Мариота-Бойля при том невообразимом давлении, которому оно подвергается внутри звёзд? Есть основание предполагать, что большая часть земного шара состоит из твёрдых веществ, несмотря на, несомненно, высокую температуру, которую они имеют в глубинах Земли.

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

В самом деле, упругость жидких и твёрдых 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 учёные 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 русск. перев.) «Свойства материи».

II

Возьмём, напр., воду при обыкновенной температуре. Большинство экспериментаторов нашли её сжимаемость в 48 миллионных долей на атмосферу (0,000048), т. е., приблизительно, при давлении в 1 атмосферу, вода сжимается на $\frac{1}{20,000}$ первоначального объёма. Перкинс (1826 г.) нашёл, производя давление до 2,000 атмосфер, что сначала сжатие воды идёт 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. децим.). 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 $\frac{1}{10}$ её первоначального объёма (Перкинс), воздух же и другие газы можно сжать в 100 даже в 1,000 раз. Имеем ли мы право утверждать, что вода сжимается только до известного предела, напр., до $\frac{1}{10}$ её первоначального объёма?

Очень может быть, что предел этот существует, но во сколько сотен или тысяч раз при этом сократится объём воды, мы не знаем; не знаем также, какое состояние примет такая сгущённая вода: обратится ли она в твёрдое 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 её поверхности, или при давлении вертикального столба воды в 200 вёрст 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 кг. 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 (то есть я хочу сказать: теоретических) газов.

Давление в центре Земли (на основании предыдущего и формулы №5) способно теоретически сжать воду в 90 раз, то есть сделать её в 9 раз плотнее серебра. Центральное давление Солнца ещё может увеличить эту плотность (минимум) в 750 раз, доведя её до плотности 67,500 плотностей воды в обыкновенном состоянии.

Заметим, что, для вычисления давлений в центрах планет и звёзд в формуле №5 $p_1 = 1 : (1.466 \cdot 10^6)$ 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 , найдём коэффициент p_1 №9...

$$p_1 = \frac{3 \cdot ps}{4 \cdot \pi \cdot D \cdot r};$$

выключая теперь его из №5, получим

№10...

$$F = 1/2 \cdot D \cdot ps \cdot r.$$

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

Ну, а как же твёрдые тела? Неужели и они сжимаются с такую же лёгкостью, как водород или вода?

Взгляните на следующую таблицу, составленную мною на основании того, что даёт профессор Тет в своей книге: «Свойства материи».

Таблица №11.

Воздух	100	152,000	1	$\frac{1}{13}$
Водород	100	2,328,000	14	$\frac{11}{13}$
Водяной пар	100	260,000	1.7	$\frac{1}{8}-\frac{1}{9}$
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 килограммам 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 приведённое к единице плотности (вода).

Третий указывает отношение этих давлений или упругостей, предполагая для сгущённого воздуха единицу. Наконец, четвёртый 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 упруже воды, последняя же в 8—9 раз упруже водяного пара, приведённого, конечно, к одной температуре и плотности; стекло раза в 4 упруже водорода, а металлы упруже водорода раз в 8—10.

Эти числа, очевидно, не представляют ничего поражающего 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 больше упругости воздуха (13 : 10). Приняв упругость воды

за единицу, упругость эфира, сернистого углерода и сернистой кислоты выразится следующими числами: $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{6}$, т. е. она не очень отличается от упругости воздуха и значительно менее (в 2—6 раз) упругости сжатого до той же степени водорода.

Возьмём наиболее упругое из испытанных тел, именно сталь, и посмотрим, что может сделать с нею 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, её 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, найдём сжатие их, при пропорциональной упругости, в 3,900 раз. Другие, не центральные части светила, понятно, подвержены меньшему давлению.

Если мы, в среднем, примем давление в 4 раза меньшее, то и тогда, от этого уплотнения, диаметр Солнца должен бы уменьшится 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 зато и сила тяготения, или сжимающая сила

— от этой же причины, должна возрасти ещё более. Так как перевес тут на стороне тяготения, то температуру, вообще, в виду одного этого возражения, умалять нельзя.

Общепринятое представление о твёрдых 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 определённой 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 2,000 атмосфер, сжимается лишь на $\frac{1}{10}$ своего первоначального объёма.

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 твёрдыми телами, совершенно ложно, потому что противоречат

опытам, правда, довольно ограниченным, по причине наших слабых сил.

Безграничное же сжатие светила даёт 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 Мариота-Бойля, возросла, по крайней мере, в 8 раз. Спрашивается, может ли сжатое до такой степени сильно светило, силою 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 сдержать упругость вещества, следующего в этом отношении закону Мариота, но и упругость возрастающую, против этого закона,

пропорционально уменьшению поперечника светила. Следовательно, если бы даже упругость вещества возрастала пропорционально произведению из уменьшения объёма 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 такою работою тяготения, которой хватит на $12\frac{1}{2}$ миллионов лет (тяготение, как источник мировой энергии. К. Циолковского. Нижегородск. круж. и т.д. 1893 г.) непрерывного лучеиспускания теперешней силы. Медленность выделения этих работ, через посредство эфира, ограничивает быстроту сгущения светил.

Но мы видели, что упругость вещества обязана возрастать быстрее, чем уменьшение объёма, т. е. быстрее, чем следует по закону Мариота-Бойля, для того, чтобы при постоянной температуре уравнивать 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, найдём, что если вещество солнц в отношении упругости подчиняется закону Мариота, 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 тою интенсивностью, с какою блистают солнца. С другой стороны, есть звезды поразительно блестящие. Так, блеск Арктура, по некоторым расчётам (беру из Лёббока), в 8,000 раз сильнее солнечного (при одинаковом расстоянии, конечно). Нельзя ли объяснить это явление не только большею величиною 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 ещё

более сжаться, — против чего необходимо, тем или другим способом, непропорциональное увеличение упругости вещества. Допустим, что этого достигли двойным возвышением температуры светила, и равновесие соблюдено. Сожмём теперь наше солнце ещё 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, причём 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, следов., и сжатию. Образование коры возможно и при крайне высокой температуре, если допустить, что непрерывные химические процессы между

элементами солнца способны образовать из них твёрдые 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 тёмная 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 (твёрдое, жидкое и газообразное) в зависимости от непрерывного повышения или понижения температуры (и даже давления).

Для водорода, напр., найдено, что упругость его сначала более нормальной, т. е. при начале сжатия возрастает быстрее, чем следует по закону Мариота-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 тел, 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: (Уравн. №5). Чем больше небесное тело, тем больше шансов сжиматься и лучеиспускать многие сотни миллионов лет.

Попытаемся формулировать вышеприведенные мысли.

Уравн. №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:

№ 12...

$$F = \frac{p_1}{n} \cdot D^3 \sqrt{\frac{\pi}{6} M \cdot D}$$

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

№ 13...

$$k = k_1 \cdot D \cdot t$$

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

$$\frac{p_1}{n} \cdot D \sqrt[3]{\frac{\pi}{6} M \cdot D} = k_1 \cdot D \cdot t,$$

откуда

№ 14...

$$t = \frac{p_1}{n} \cdot D \sqrt[3]{\frac{\pi}{6} M} \cdot \frac{\sqrt[3]{D}}{k_1}$$

Заметим, что в этой формуле (k_1) было бы только тогда постоянным, если бы соблюдался закон Мариота-Бойля. Но так как он вообще не соблюдается ни при изменении давления, ни при изменении температуры, то должны положить №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 силою тяготения вещества и силою его упругости.

Разберём два случая. Положим, сила упругости более силы тяготения; тогда светило расширяется и увеличивает свой объём; причём 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 уравновесит силу тяготения.

Итак, равновесие обязательно и наступает весьма быстро в случае его нарушения. Но мы не приняли при этом в расчёт 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 твёрдой корой или хоть искусственно, то равновесие соблюдалось бы вечно, без изменения объёма светила, которое вечно бы хранило свою бесконечную потенциальную энергию. Надо содрать не проводящую тепло кору, надо дать толчок, чтобы снова иметь возможность пользоваться этой энергией. Но что же произойдёт от лучеиспускания? Чтобы видеть это яснее, предположим, что оно совершается не одновременно с изменением объёма светила, а попеременно. Пусть сначала идёт лучеиспускание без сжатия и расширения звезды. Потеря тепла, конечно, уменьшит упругость веществ солнца. Является тенденция к сжатию; дадим ему ход; оно, во всяком случае, хотя отчасти восстанавливает температуру светила. Далее повторяется то же, 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:

№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 Мариота-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, неисчислимыe миллиарды лет. Но наше солнце, имеющее вращение вокруг оси (скорость экваториальных точек около 2 км. в 1 сек.), от сжатия, все более и более возрастающего и превращающего солнце, благодаря центробежной силе, в лепёшку, — 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) остаётся постоянной. Иначе говоря, если упругость материи не постоянна (Кг), как следует по закону Мариота-Бойля, а возрастает пропорционально кубическому корню из уплотнения вещества звезды $\sqrt[3]{D}$, или пропорцион. уменьшению её радиуса (r) , то температура небесного тела не повышается и не понижается, причем тоже довольно трудно ожидать образования 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 Мариота-Бойля, в сторону увеличения упругости, возрастает медленнее \sqrt{D} , или уменьшения радиуса сжимающейся планеты, то получим результаты, подобные разобранным, которые поэтому и опускаем.

№ 20...

Наконец, когда отношение непрерывно $\frac{\sqrt[3]{D}}{F(D,t)}$ 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

Мариота-Бойля, выражается прямой линией параллельно оси абсцисс ($y = a$).

Действительно, приведённая к единице плотности и температуры, она имеет постоянную величину (K_1) для каждого данного вещества.

Упругость, уклоняющаяся от закона М.-Б. 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 твёрдые тела?

Пока пары металлов ещё не имеют плотности их в обыкновенном твёрдом или жидком виде, они обладают упругостью довольно постоянной, которая быстро падает по мере приближения к роковой точке капельно-жидкого или твёрдого 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 твёрдых и жидких телах. Что будет далее, если бы мы могли сжимать их более, мы не знаем, но на основании того, что нам говорят опыты, мы не имеем права утверждать, что упругость твёрдых и жидких тел не следует закону Мариота-Байля.

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

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

В переходном состоянии температура сначала быстро повышается, затем ещё быстрее начинает понижаться. В самом деле, в формуле №16, (k_1) или $[K_2 \cdot F(D, t)]$ сначала быстро уменьшается, потом ещё быстрее увеличивается, от чего, очевидно, (t) сначала быстро возвышается, потом ещё быстрее падает. Если предшествующая температура поразительно высока, как напр., 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 невелика, какова она у планет (потому что раз центральное давление не велико, по малости небесного тела, оно, это внутреннее давление, уравнивается не очень накалёнными газами), то, уменьшенная в несколько раз, вследствие понижения упругости, она настолько уменьшается с поверхности планеты, что уже образует малопроводный для света и тепла слой туманов и даже жидкой или твёрдой 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

объём его уменьшится в 8 раз, а поперечник, стало быть, в 2 раза.

Давление внутри его, происходящее от силы тяготения, будет, по уравнение №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 сожмёт её в 10,400 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 10,400 раз.

Положив абсолютную температуру (от -272° Ц.) стали в 300° Ц., найдём что температура её внутри солнца, для противодействия силе тяготения, должна быть в $3,120,000^{\circ}$. Вывод, конечно, приблизительный; но делая его для планет, получим числа несравненно меньшие; для земли, напр., получим $3,000^{\circ}$ 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 Мариота-Бойля, т. е. при упругости постоянной. А при упругости постоянной нет конца сгущению и выделению энергии тяготения в виде тепла и света, льющихся с возрастающею 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 скачек, — 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 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 замрёт, сохраняя свои запасы энергии неизвестно для кого и для чего.

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

Опубл.: 1899. Источник: Научное обозрение, 1897, №7, стр. 46-61¹

Материал из Википедии — свободной библиотеки

[http://ru.wikisource.org/wiki/Продолжительность_лучеиспускания_Солнца_\(Циолковский\)](http://ru.wikisource.org/wiki/Продолжительность_лучеиспускания_Солнца_(Циолковский))

¹ Текст приведён по указанному источнику в современной орфографии. Явные опечатки в тексте исправлены. (Прим. ред.)

Совокупность идей, гипотез, тезисов, составивших содержание философских сочинений К.Э.Циолковского, сам Константин Эдуардович назвал «Космической философией». Её центральным элементом стало смоделированное с помощью научных методов учение о смысле жизни и постижении его в процессе реализации нравственной практики.

О важности этих исследований для человечества говорит утверждение К.Э.Циолковского о том, что теорию ракетостроения он разработал лишь как приложение к своим философским изысканиям.

Учёным написано множество философских работ, которые малоизвестны не только широкому читателю, но и специалистам ввиду их многолетнего замалчивания. Эти книги – попытка прорвать «заговор молчания» вокруг философии русского космического провидца.

Новое мышление невозможно без поиска смысла жизни в единстве населённого космоса.

Обращаясь к своим читателям, К.Э.Циолковский говорит:

«Постараюсь восстановить то, что в сонме тысячелетий утеряно человечеством, отыскать оброненный им философский камень».

...

«Будьте внимательны, напрягите все силы, чтобы усвоить и понять излагаемое.»

...

«За напряжение, за внимание вы будете вознаграждены, не скажу сторицею, это чересчур слабо, но безмерно. Нет слов для выражения тех благ, которые вы получите за свой труд. Нет меры для этих благ. Эта мера есть бесконечность».

К. Э. Циолковский
«Живая вселенная»

1923 г.

Научно-популярное издание

Константин Эдуардович Циолковский

«Космическая философия»

www.tsiolkovsky.org

Руководитель проекта
Дизайн
Хостинг, CMS

Николай Красноступ
Татьяна Колпакова, Евгений Продайко
Сергей Попов

Приглашаем всех принять участие в данном проекте!

Если вы хотите и можете оказать содействие данному проекту,
свяжитесь с нами по email mykola.krasnostup@gmail.com