

Структура пустоты. Часть III. Устойчивость тел к разрушению

В 30-е годы прошлого века инженеры установили удивительный факт. Оказалось, что прочность реальных тел не только в сотни раз меньше расчетной, но и уменьшается по мере увеличения размеров тела, чего не должно было быть вообще, исходя из классического представления о твердых телах.

В эти же 30-е годы Цвики обнаружил, что прочность (гравитационная устойчивость к динамическим воздействиям) скоплений галактик в сотни раз выше, чем «гравитационная прочность» тел на Земле или в Солнечной системе. Эти два парадокса до сих пор не получили внятного объяснения.

Прочность электромагнитных систем

Именно электромагнитные силы обеспечивают макротелам прочность, ибо они связывают атомы вместе в различные тела (ковалентные, металлические, ионные, силы Ван-дер-ваальса). Именно они определяют прочность тел в Макро-диапазоне, в Мега-диапазоне прочность тел определяют гравитационные силы (см. выше).

Все эти силы давно изучены и измерены в тысячах экспериментов. Прочность любого тела легко определить, суммируя все силы, связывающие атомы в его слабом сечении. Именно поэтому инженеры испытали шок, когда выяснили, что реальная прочность твердых тел весьма далека от теоретической.

При сравнении механических свойств с данными теоретических расчетов получается, что теоретическая прочность во много раз превышает практическую прочность металлов. Так, например, теоретический предел прочности железа, полученный расчетным путем (исходя из сил сцепления и теплоты сублимации), равен 56000 МПа, в то время как практический предел прочности железа равен 280 МПа, т.е. превышает в 200 раз, а для некоторых тугоплавких металлов превышает даже в 1000 раз.

http://materiology.info/ref/teoreti2eska9_pro2nost5.html

Объяснение этому нашли, хотя и не сразу – дело в дефектах упаковки, она никогда не бывает идеальной и любое тело насыщено множеством пор, разрывов, дислокация и включений, которые в сотни раз снижают его прочность. Нет ничего идеального. Пытались вырастить кристаллы с теоретической прочностью. Даже в невесомости, на орбите. Ничего не получилось. Удалось лишь приблизиться к идеальной прочности, выращивая т.н. «усы» - микронные нити различных материалов с очень маленьким диаметром. Почему у маленьких усоч прочность ближе к теоретической?

Масштабный эффект

А в 30-х годах в США в лабораторных экспериментах было установлено, что прочность не просто отличается от теоретической, она быстро падает по мере увеличения размеров тела.

Это явление получило название масштабного эффекта.

Масштабный эффект. Механическую прочность стали и ее работоспособность обычно определяют в лабораторных условиях на образцах малых размеров по сравнению с действительными изделиями. Эти данные используют для оценки пригодности стали и для расчета конструкций.

Однако, в действительности существуют расхождения механических свойств конкретных изделий и образца даже при соблюдении подобия геометрических размеров и условий испытания с условиями эксплуатации. Эти явления называют масштабным эффектом или масштабным фактором.

Приведем лишь один из примеров его действия (рис.1)

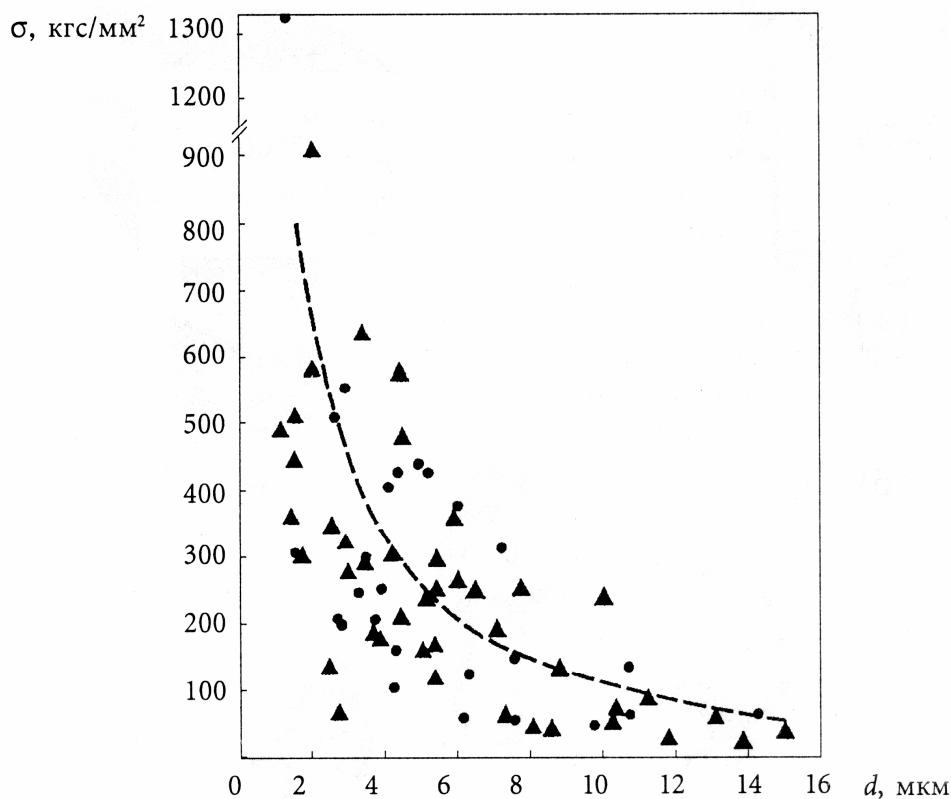


Рис. 1. Прочность нитевидных кристаллов железа в зависимости от их диаметра [Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов. — М.: Мир, 1972., с. 223]

Из графика видно, что при увеличении диаметра кристалла железа с 2 до 16 микрон прочность падает в 8 (!) раз. О чем это нам говорит в повседневной практике? О том, что все нужно делать из маленьких деталей, из нитей и микроскопических кристаллов. Именно на этом пути и были открыты композиционные материалы.

Масштабный эффект для непосвященного человека (а их 99,9%) – своего рода чудо. Чтобы это понять, приведем простейший пример.

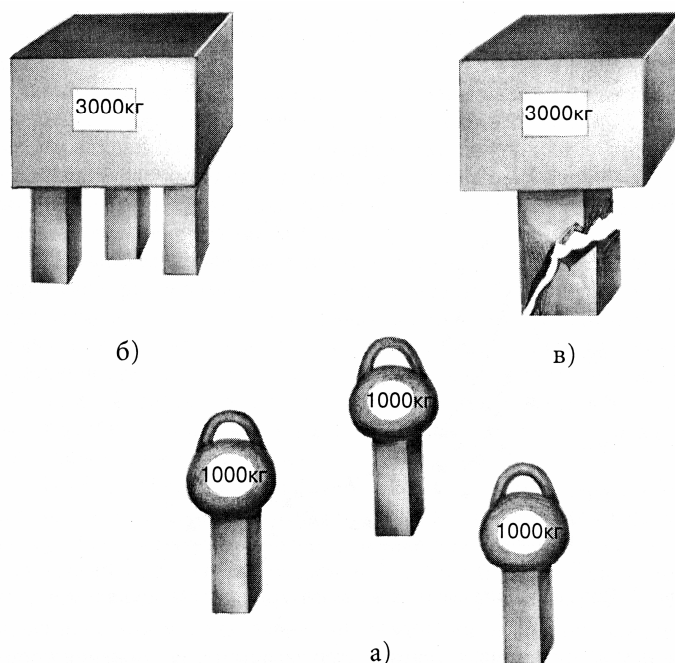


Рис. 2

Если взять стержень с площадью сечения в 1 см^2 и нагрузить его грузом F (например, равным 1000 кг — рис. 3а), который будет чуть меньше веса, при котором он разрушится (например, 1100 кг), то усилия между двумя соседними атомами в стержне будут соответственно равны:

$$f = F/N,$$

где N — количество атомов в слое, перпендикулярном к оси нагрузки.

Другими словами, общая нагрузка на стержень распределится равномерно между атомами в его слоях. И если f будет меньше некоторого f_m — максимального усилия, которое выдерживают связи между атомами данного материала, то стержень не разрушится. Если же больше, то все связи между атомами разорвутся, и стержень также разорвется на две части. В данном абстрактном примере прочность материала стержня будет равна 1100 кг/см^2 .

Изменим опыт. Возьмем три одинаковых стержня, каждый с площадью сечения в 1 см^2 . Общая площадь таким образом будет 3 см^2 . Нагрузим их грузом 3000 кг (рис. 3б). Спрашивается, каково будет напряжение внутри стержней? Это легко подсчитать:

$$3000 \text{ кг} : 3 \text{ см}^2 = 1000 \text{ кг/см}^2.$$

Следовательно, нагрузка на каждую пару атомов в соседних слоях стержня будет такой же, как и в первом случае. Разрушатся ли при этой нагрузке стержни? Теория дает ответ — нет. А практика? И она показывает — нет.

Еще раз изменим опыт. Возьмем целый стержень, площадь сечения у которого будет уже 3 см^2 . Нагрузим его грузом 3000 кг (рис. 3в). Спрашивается, каково будет напряжение внутри стержней? Это легко подсчитать:

$$3000 \text{ кг} : 3 \text{ см}^2 = 1000 \text{ кг/см}^2.$$

Следовательно, нагрузка на каждую пару атомов в соседних слоях стержня будет такой же, как в первом и втором случае. Разорвутся ли при этой нагрузке стержни? Теория дает ответ — нет.

В самом деле, с какой стати должен быть другой ответ? Ведь прочность зависит лишь от единичного усилия, необходимого для разрыва связей между атомами в теле. Это такое понятие, которое, казалось бы, очевидно, не может зависеть от размеров тела, от площади сечения и т.п. Какая разница для пары атомов в том, велико ли тело, в которое они входят?

НО ПРАКТИКА ПОКАЗЫВАЕТ – ДА. Как ни парадоксально, но при той же теоретической нагрузке на пары атомов разрушение связи между ними происходит. Что же меняется при увеличении тела?

Именно эта, казалось бы, «нелогичность» результата и являлись причиной того, что М-эффект был обнаружен и выявлен практически лишь к середине XX века, когда уже огромное количество сооружений и конструкций было построено без его учета.

Что же происходит? Оказалось, что все дело в дефектах (порах, трещинах и т.п.). И оказалось, что величина этих дефектов почему-то растет по мере роста размеров тела.

Ясно, что ничего из теории прочности материалов не давало такого вывода. Поэтому долгое время на открытие американских инженеров старались не обращать внимание. Но когда выяснилось, что все материалы без исключения подвержены масштабному эффекту, пришлось искать объяснение. В конце концов, остановились опять-таки на случайности и на том, что чем больше тело, тем больше случайная вероятность зарождения в нем более крупной трещины. Автор не согласен с таким простым объяснением и поэтому выдвинул собственную гипотезу о кластерной природе масштабного эффекта¹. Чуть позже мы вернемся к этой модели.

В различных экспериментах было установлено, что прочность не просто падает, а падает по степенному закону² (см. график на рис.1), т.е. сначала (от атомов и связей в кристаллах) очень быстро, а затем постепенно темп падения сходит почти на нет. Но никто не проверял эту закономерность дальше десятков сантиметров, т.е. никто не разрушал под прессом образцы метрового или десятиметрового размера. Поэтому область на М-оси дальше +2 остается до сих пор неизведанной.

Почему этого не делали?

Во-первых, потому, что это очень дорого.

Во-вторых, никто не ожидает там каких-то особенностей.

В-третьих, почему-то считается, что при увеличении размеров больше сантиметрового диапазона прочность перестает падать и асимптотически приближается к некоторой «реальной» прочности, которую и задают во всех справочниках по сопротивлению материалов. Другими словами, априори (без проверки) предполагается, что действие масштабного эффекта исчезает для достаточно больших тел. Почему? Никаких оснований для этого нет.

В-четвертых, большинство конструкционных деталей не превышают в своем сечении десятков сантиметров, и поэтому какую-то практическую пользу от такого исследования получить никто не ожидает.

Кстати, последнее – весьма сомнительный довод, ибо сварные конструкции приобретают масштаб целостной «детали» таких больших размеров, что здесь-то масштабный эффект может сыграть очень неприятную шутку с нашими постройками. И как считает автор /Сухонос С.И. Масштабный эффект – неразгаданная угроза. М. – Новый центр, 2001/, именно он ответственен за тысячи случаев хрупкого необъяснимого разрушения крупных технических сооружений – кораблей, мостов, дамб, трубопроводов,

¹ Сухонос С.И. Масштабный эффект – неразгаданная угроза. М. – Новый центр, 2001.

² В логарифмической системе координат прочность падает линейно.

емкостей для разного рода жидкостей и т.п. Мировая история насчитывает десятки тысяч таких необъясненных до сих пор технических катастроф. В частности, когда американцы перешли во время войны от клепанных судов на сварные (знаменитая серия судов «Либерти»), то получили более 1500 неожиданных аварий и разрушений, причину которых так и не смогли установить...

Если продлить эту зависимость в сторону больших размеров, то к 107...108 см прочность любых тел должна сойти на нет, точнее асимптотически приближаться к нулю. Т.о. прочность практически исчезает! Этот вывод кажется настолько парадоксальным, что не воспринимается многими вообще. Хотя он сделан на вполне традиционных научных основаниях – экстраполяции известной тенденции (рис.3).

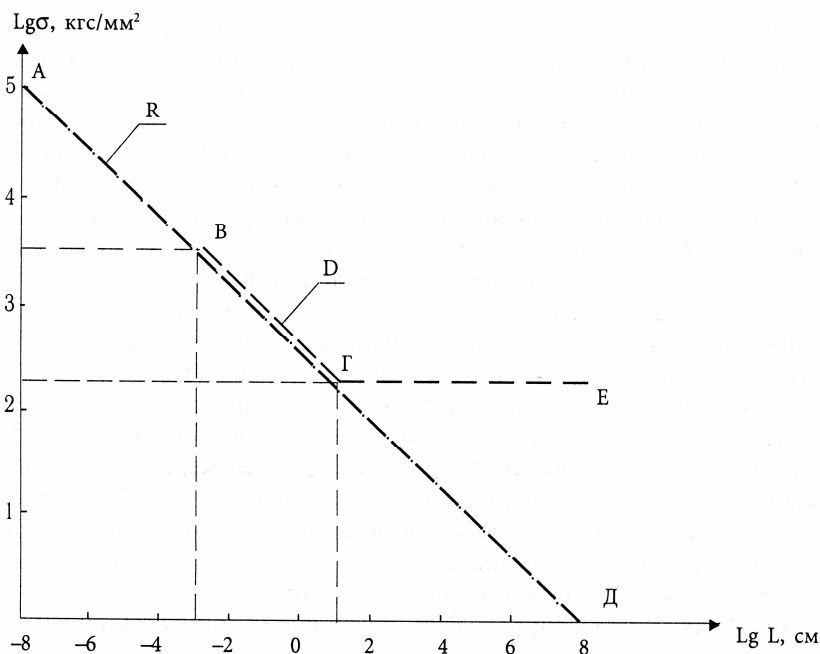


Рис. 3. Качественная логарифмическая зависимость прочности (σ) от размера тела (L);

----- D — кривая, отражающая традиционное представление об М-эффекте;

----- R — зависимость σ от L (по предложению автора);

AB — постепенное понижение прочности от атомных размеров до микрон (модель автора);

$B\Gamma$ — достоверно установленный характер понижения прочности вследствие М-эффекта;

ΓE — гипотетическая стабильность σ независимо от масштаба (L) в области мегамасштабов (традиционный подход);

ΓD — понижение прочности до предельного минимума (модель автора).

На рис.3 изображена степенная зависимость предполагаемого падения прочности, которая выводит нас на практически нулевую прочность в пределах сотен и тысяч километров.

Именно такие размеры имеют блоки земной коры. И еще в начале XX века геофизики пришли к выводу, что кора нашей планеты – это не сплошная арбузная корка, а нечто похожее на куски колотого льда на поверхности воды.

«...Уже в начале века существовало представление, что реки на платформах текут по разломам, разделяющим консолидированные блоки земной коры. Структура

«колотого льда» соединяющих платформу блоков определяет характер залегания пород осадочного чехла и составляет основу учения о фациях» [Яницкий И.Н. Живая Земля. — М.: Агар, 1998. с. 8].

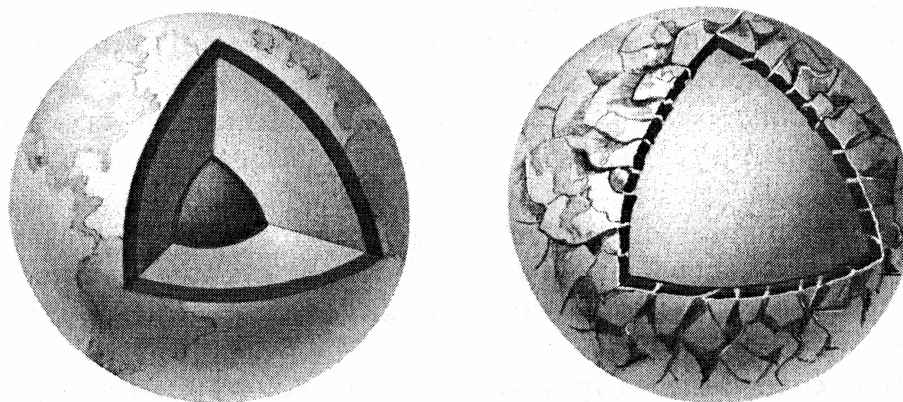


Рис. 4.

Модель классического представления о земной коре (А) и модель «колотый лед» (Б)

Эта геофизическая теория косвенно подтверждает теоретический вывод о том, что прочность тел падает, начиная от атомарных масштабов и через 15 порядков перемещения по М-оси вправо (от -8 до +7) асимптотически сходит на нет.

Оставим рассуждения о том, равна ли она там нулю или нет. Для практики это неважно. Важно другое. Именно с этого самого масштаба (+7,5) начинаю работать гравитационные силы (см. рис.6. Часть 1).

«Если говорить о любом космическом объекте в целом, будь то планета, звезда, галактика и т.д., то ни в одном из них магнитные силы не играют главенствующей роли, определяющей само существование объекта. Всюду основная роль принадлежит силам гравитации».

«Гравитационное взаимодействие отличается от электромагнитного тем, что все частицы имеют массы одного знака, включая и античастицы. В результате этого роль гравитационного взаимодействия, безнадежно слабого в мире элементарных частиц, при переходе ко все большим масштабам возрастает и в масштабах Вселенной абсолютно преобладает³. Поэтому если в малых объемах... магнитные силы могут полностью управлять поведением вещества, то в планете, звезде или галактике в целом этого уже нет, а в еще больших областях, существенно превышающих размеры отдельных галактик, динамическая роль магнитного поля, видимо, ничтожно мала».

/Бочкарев Н.Г. Магнитные поля в космосе. — М.: Наука, 1985. — С. 185-186./

Образно говоря, природа строит тела из атомов с помощью электромагнитных сил, но эти силы слабеют и к масштабу в 500 км они уже бессильны удерживать атомы вместе. Тела начинают самопроизвольно разрушаться. И если бы здесь «эстафету» не подхватила гравитация, то вообще ничего крупнее астероидов во Вселенной бы не было. Не было бы планет, звезд и галактик, не было бы скоплений галактик и сверхскоплений. Соответственно не было бы и жизни. Слабенькая сила гравитации на Микро-уровнях (она

³ При взаимодействии двух протонов электрические силы в 10^{38} раз превосходят гравитационные.

в 1038 раза слабее электрической силы), более менее проявляющая себя на Макро-уровнях, гравитация становится царицей мира на Мега-этаже Вселенной.

«Прочность» гравитационных тел

На гравитацию принято смотреть, как на некую таинственную силу, которая удерживает тела вместе на расстоянии друг от друга. Как на своего рода длинные «веревки» связей, тянущиеся от одного тела через пустоту к другому телу. Но если мы зададимся вопросом (в продолжение предыдущего материала), а какая сила отвечает за «прочность» цельных тел, начиная от малых планет и заканчивая всей Метагалактикой, то ответ будет один – гравитация. Насколько применимо понятие прочности к силам гравитации?

А почему нет? Наша планета бы просто развалилась на астероиды, как гипотетический Фаэтон под действием либо центробежных, либо внешних сил. Прочность любого космического тела крупнее планеты обеспечивает именно гравитация. Да и «прочность» всякого рода скоплений звезд, в том числе и галактик также обеспечивает гравитация. Ведь они вращаются и давно бы разлетелись во все стороны, если бы звезды не удерживались вместе гравитационными силами. А скопления галактик? Ясно, что они бы рассеялись в пространстве и заполнили бы его хаотично, если бы их в «гнездах» не держала гравитация.

Теперь на некоторое время оставим сравнение гравитационной устойчивости с прочностью и рассмотрим, как обстоит дела с силами гравитации на разных масштабных уровнях. Согласно сегодняшним воззрениям она не может меняться от масштабов. А как на самом деле?

Масштабы 10²⁴ ... 10²⁵ см - диапазон размеров скоплений галактик

Еще в начале XX века Цвики обнаружил парадокс скоплений галактик.

В 1937 году Фриц Цвикки (Fritz Zwicky) опубликовал работу «On the Masses of Nebulae and of Clusters of Nebulae», в которой на основе наблюдений относительных скоростей галактик в скоплении Волос Вероники на 18-дюймовом телескопе Шмидта Паломарской обсерватории получил парадоксальный результат: наблюдаемая масса скопления (полученная по суммарным светимостям галактик и их красному смещению) оказалась значительно ниже массы скопления, рассчитанной исходя из собственных скоростей членов скопления (полученных по дисперсии красного смещения) в соответствии с теоремой о вириале: **суммарная наблюдаемая масса скопления оказалась в 500 раз ниже расчётной**, то есть недостаточной, чтобы удерживать составляющие его галактики от «разлетания».

Итак, отметим, что на масштабах скоплений галактик расхождение между наблюдениями и расчетом по формуле Ньютона составляет *пятьсот раз*.

Диапазон размеров от 10²² до 10²³ см

Если мы по М-оси начнем продвигаться влево (вниз) в сторону меньших масштабов, то и здесь мы сталкиваемся с огромным разрывом между гравитационными расчетами и реальными фактами. Все спиральные галактики (а их сотни миллионов) организованы так, что невозможно объяснить их с точки зрения современной теории гравитации.

Скрытая масса и вращение галактик

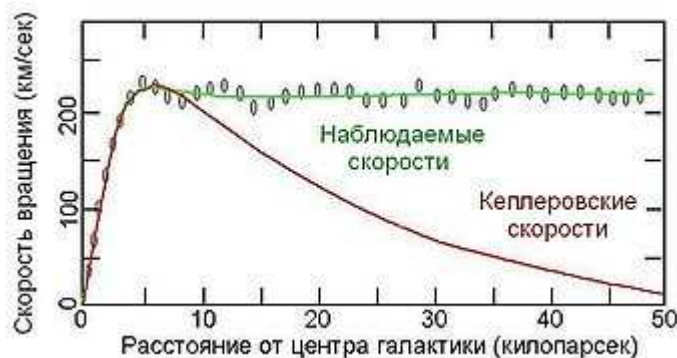


Рис. 5. Кривые дифференциального вращения галактик: отклонение от кеплеровского закона вращения объясняется, предположительно, наличием скрытой массы.

Дифференциальные скорости вращения галактик (то есть зависимость скорости вращения $v(r)$ галактических объектов от расстояния r до центра галактики) определяются распределением массы в данной галактике и для сферического объема с радиусом r , в котором заключена масса $M(r)$, задаются соотношением

$$v(r) = \sqrt{\frac{GM(r)}{r}},$$

т. е. за пределами объема $M(r)$, в котором сосредоточена основная масса галактики скорость вращения $v(r) \sim r^{-\frac{1}{2}}$. Однако для многих спиральных галактик скорость $v(r)$ остаётся почти постоянной на весьма значительном удалении от центра (20—25 килопарсек), что противоречит быстрому убыванию плотности наблюдаемой материи от центра галактик к их периферии (см. Рис. 5).

Таким образом, для объяснения наблюдаемых значений $v(r)$ необходимо допустить существование ненаблюдаемой (несветящейся) материи, простирающейся на расстояния, превышающие в десятки раз видимые границы галактик и с массой, на порядок выше совокупной массы наблюдаемой светящейся материи галактики (гало галактик).

Итак, расхождение между реальной массой и расчетной здесь составляет примерно десять раз.

Масштабы 10¹² см – пределы орбиты Меркурия.

Впервые предположение о существовании материи, взаимодействующей с обычным веществом только через гравитацию, было высказано в начале XX века в связи с аномальной прецессией перигелия Меркурия. Однако эта проблема была решена уже в 1916 году Альбертом Эйнштейном благодаря его Общей теории относительности, внесшей в ньютоновскую теорию гравитации соответствующую поправку на орбитальные движения, исчерпывающе объясняющую наблюдаемое явление, что послужило и первым подтверждением ОТО.

После того, как Леверье в середине 19 века обработал данные наблюдений за Меркурием у него получилось, что его перигелий как бы поворачивается по ходу движения планеты на 565,1 угловой секунды за 100 лет (за вычетом угла поворота системы отсчета, т.е. прецессии), а по расчетам, т.е. с использованием законов Ньютона, должно было быть 526,83 и получилось, что 38,27 секунды не объясняются теорией Ньютона и, следовательно, являются аномальным остатком, который требует своего объяснения другими теориями или введением новых объектов в состав Солнечной системы. После этого и начался активный поиск планеты Вулкан, расположенной между Солнцем и Меркурием, и изобретение новых теорий тяготения.

В отсутствие дополнительных внешних сил частица, обращающаяся вокруг центрального тела под действием ньютоновской силы гравитации, постоянно движется по одному и тому же эллипсу. Присутствие возмущений (например, гравитационного действия других планет) изменяет траекторию частицы, которую можно считать эллипсом, но с постоянно изменяющимися параметрами. Вращение этого эллипса называется прецессией орбиты и может быть измерено с высокой точностью, а также предсказано теоретически, исходя из известных величин и направлений возмущающих сил. Хотя теория гравитации Ньютона может объяснить 99,26 % наблюдаемого смещения перигелия Меркурия, остаток величиной примерно 40" в столетие не может быть объяснён в её рамках, как это было открыто Леверье в 1859 году.

<http://www.astronet.ru/db/msg/1162260>

Ошибка в 0,74% показывает, что в пределах орбиты Меркурия отклонение гораздо меньше и почти сходит на нет.

Итак, мы видим, что расхождение в расчетах растет по мере удалении от макромира. Если в движении Меркурия оно составляет меньше 1%, то для галактик отклонение выше 10-кратного, а для скоплений отклонение достигает 500-кратного.

Очевидно, что максимальное отклонение должно наблюдаться для масштабов Метагалактики – 1028. И действительно наблюдаемая плотность материи (10-31 г/см³) в сотни раз меньше той, которая нужна для удержания галактик в целостной структуре Метагалактики. Этот парадокс привел к моделям бесконечно расширяющейся Вселенной, которая со временем распылится по пространству так, что уже не будет видно нам ничего кроме черноты вакуума.

Плотность любого вида материи (видимое и невидимое вещество, излучение, космологическая постоянная), которая определяет глобальные геометрические свойства пространства в космологических моделях, построенных на основе общей теории относительности А.Эйнштейна. Выражается через современное значение постоянной Хаббла и составляет около 10-29 г/см³. Если полная средняя плотность Вселенной меньше или равна критической, пространство имеет постоянную отрицательную или нулевую кривизну, расширение Вселенной неограниченно (открытая и плоская модели Вселенной). Если средняя плотность больше критической, пространство имеет постоянную положительную кривизну (геом. пример - сфера) и расширение Вселенной должно смениться сжатием (модель закрытой Вселенной). Наблюдаемое значение средней плотности светящегося вещества менее 1% от критической, порядка 10-31 г/см³.

<http://www.astronet.ru/db/msg/1162260>

И здесь мы видим, что теоретическая (необходимая для ее длительного целостного существования) «прочность» Метагалактики выше реальной в сотни раз.

Но это только часть проблемы. Другая еще более существенная «большая разница» заключается в том, что гравитация на масштабах Метагалактики не просто увеличивается, а она меняет знак на противоположный и превращается в гравитационное *отталкивание*

В 1998–1999 гг. были опубликованы первые данные наблюдений, указывающих на то, что космологическое расширение происходит ускоренно, то есть что скорости взаимного удаления галактик возрастают со временем. Раньше считали, что разбегание галактик может только замедляться под действием всемирного тяготения. Однако ускорение означает, что в природе имеется не только всемирное тяготение, но и всемирное антитяготение, которое преобладает над тяготением в наблюдаемой Вселенной.

http://wsyachina.narod.ru/astronomy/dark_energy_4.html

Что-то слишком много расхождений мы получаем на разных масштабах с теорией тяготения. Все это ставит под большой вопрос ее инвариантность по отношению к размерам объектов. Можно предположить, что сила гравитации каким-то образом существенно зависит от масштабов рассматриваемых систем, т.е. она неинвариантна относительно перемещения вдоль М-оси. Вплоть до смены знака скачком (!) на противоположный на границах Метагалактики⁴. Почему это может быть, мы попытаемся предположить в следующих главах. А здесь вернемся в нашу Солнечную систему и проведем обзор из Интернета о накопившихся в последнее время отклонениях.

7 вопросов, на которые ученые не могут дать ответ

Составлен список аномалий Солнечной системы. Наука знает все? Нет! Во всяком случае, пока нет.

Ученые из Лаборатории реактивного движения НАСА и Национальной лаборатории Лос-Аламоса (США) составили список астрономических явлений, наблюдающихся в Солнечной системе, которые объяснить совершенно невозможно. Эти факты многократно проверены, и сомневаться в их реальности не приходится. Да только в существующую картину мира они совершенно не вписываются. А это означает, что либо мы не совсем правильно понимаем законы природы, либо... кто-то эти самые законы постоянно меняет.

1. КТО РАЗГОНЯЕТ КОСМИЧЕСКИЕ ЗОНДЫ. В 1989 году исследовательский аппарат «Галилео» отправился в далекое путешествие к Юпитеру. Для того чтобы придать ему нужную скорость, ученые использовали «гравитационный маневр». Зонд дважды приближался к Земле так, чтобы сила гравитации планеты смогла его «подтолкнуть», придавая дополнительное ускорение. Но после маневров скорость «Галилео» оказалась выше рассчитанной. Методика была отработана, и раньше все аппараты разгонялись нормально. Потом ученым пришлось отправлять в дальний космос еще три исследовательские станции. Зонд NEAR отправился к астероиду Эрос, «Розетта» полетела изучать комету Чурюмова-Герасименко, а «Кассини» ушла к Сатурну. Все они совершали гравитационный маневр одинаково, и у всех окончательная скорость оказывалась больше расчетной — за этим показателем ученые следили всерьез после замеченной аномалии с «Галилео». **Объяснения тому, что происходит, не было.** Зато все аппараты, отправленные к другим планетам уже после «Кассини», странное дополнительное ускорение при гравитационном маневре

⁴ Впрочем, смена знака на противоположный – это скорее абстракция. Видимо, вне Метагалактики существуют условия, которые вызывают ее ускоренное расширение, что не имеет прямого отношения к собственно гравитации.

уже почему-то не получали. Так что же за «нечто» в период с 1989 («Галилео») по 1997 год («Кассини») придавало всем зондам, уходящим в дальний космос, дополнительный разгон? Ученые до сих пор разводят руками: кому понадобилось «подтолкнуть» четыре спутника? В уфологических кругах даже возникла версия, что некий Высший разум решил, что надо бы помочь землянам исследовать Солнечную систему. Сейчас этот эффект не наблюдается, и проявится ли он когда-нибудь еще — неизвестно.

2. ПОЧЕМУ ЗЕМЛЯ УБЕГАЕТ ОТ СОЛНЦА? Ученые уже давно научились измерять расстояние от нашей планеты до светила. Сейчас оно считается равным 149 597 870 километрам. Раньше полагали, будто оно неизменно. Но в 2004 году российские астрономы обнаружили, что Земля удаляется от Солнца примерно на 15 сантиметров в год — это в 100 раз больше, чем погрешность измерений. Происходит то, что раньше описывали лишь в фантастических романах: планета отправилась в «свободное плавание»? **Природа начавшегося путешествия пока неизвестна.** Конечно, если скорость удаления не изменится, то пройдут еще сотни миллионов лет, прежде чем мы отойдем от Солнца настолько, что планета замерзнет. Но вдруг скорость увеличится. Или, наоборот, Земля начнет приближаться к светилу? Пока никто не знает, что будет происходить дальше.

3. КТО «ПИОНЕРОВ» НЕ ПУСКАЕТ ЗА ГРАНИЦУ. Американские зонды «Пионер-10» и «Пионер-11» были запущены соответственно в 1972 и 1983 годах. К нынешнему моменту они уже должны были вылететь за пределы Солнечной системы. Однако в определенный момент и один, и второй по непонятным причинам начали менять траекторию, словно неведомая сила не хочет отпускать их слишком далеко. Предварительные оценки показывают, как считает Ньето, что аномалия проявилась еще на расстоянии 10 а. е. А поскольку телеметрия ранних стадий полета «Пионеров» сохранилась, то ее анализ может дать ценную информацию. «Пионер-10» отклонился уже на четыреста тысяч километров от рассчитанной траектории. «Пионер-11» в точности повторяет путь собрата. Есть множество версий: влияние солнечного ветра, утечка топлива, ошибки программирования. Но все они не слишком убедительны, поскольку оба корабля, запущенные с интервалом в 11 лет, ведут себя одинаково. Если не принимать в расчет козни инопланетян или божественный замысел не выпустить людей за пределы Солнечной системы, то, возможно, тут как раз проявляется влияние загадочной темной материи. **Или же действуют какие-то неизвестные нам гравитационные эффекты?**

4. ЧТО ТАИТСЯ НА ОКРАИНЕ НАШЕЙ СИСТЕМЫ. Далеко-далеко за карликовой планетой Плутон есть загадочный астероид Седна — один из самых крупных в нашей системе. К тому же Седна считается самым красным объектом в нашей системе — он даже краснее Марса. Почему — неизвестно. Но главная загадка в другом. Полный виток вокруг Солнца он делает за 10 тысяч лет. Причем обращается по очень вытянутой орбите. То ли этот астероид прилетел к нам из другой звездной системы, или, может быть, как считают некоторые астрономы, с круговой орбиты его сбilo гравитационное притяжение какого-то крупного объекта. Какого? **Астрономы никак не могут его обнаружить.**

5. ПОЧЕМУ СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ ТАКИЕ ИДЕАЛЬНЫЕ? В нашей системе размеры Солнца и Луны, а также расстояние от Земли до Луны и до Солнца подобраны весьма оригинально. Если с нашей планеты (кстати, единственной, где есть разумная жизнь) наблюдать солнечное затмение, то диск Селены идеально ровно закрывает диск светила — их размеры совпадают в точности. Была бы Луна

чуть меньше или же находилась дальше от Земли, то полных солнечных затмений у нас никогда бы не было. **Случайность? Что-то не верится...**

6. ОТЧЕГО МЫ ЖИВЕМ ТАК БЛИЗКО К НАШЕМУ СВЕТИЛУ. Во всех изученных астрономами звездных системах планеты располагаются по одному и тому же ранжиру: чем крупнее планета, тем ближе она к светилу. В нашей же Солнечной системе гиганты — Сатурн и Юпитер — располагаются в середине, пропустив вперед «малышей» — Меркурий, Венеру, Землю и Марс. **Почему так произошло — неизвестно.** Если бы у нас был такой же миропорядок, как в окрестностях всех других звезд, то Земля бы находилась где-то в районе нынешнего Сатурна. А там царит адский холод и никаких условий для разумной жизни.

7. АНОМАЛЬНОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ЕДИНИЦЫ. Последние измерения показывают, что **орбиты планет расширяется быстрее**, чем, если бы это было только через Солнце, которое теряет массу, излучая энергию.

<http://news.mail.ru/society/2925806/>

Обобщая приведенные здесь факты, следует заметить, что внутри нашей солнечной системы все далеко не так идеально, чтобы можно было спокойно говорить о простой ситуации вокруг гравитации. И если часть парадоксов с большой натяжкой еще можно объяснить через загадочную темную материю, то как быть со странными вариациями гравитационных сил, установленными совершенно однозначно по отклонениям траекторий нескольких космических зондов? Получается, что гравитационные силы в разных местах солнечной системы разные и кроме того нестабильны?

Отметим лишь, что в среднем (!) стандартная теория гравитации кое-как может объяснить траектории движения тел в пределах масштабов планетной системы. Как только Пионеры вылетели дальше, то на масштабах больше 10¹⁵ см они стали постепенно замедляться. Не исключено, что чем дальше они будут улетать из Солнечной системы, тем больше они будут тормозиться. Чем? Эфиром? Ну, во-первых, его не признает современная парадигма, а, во-вторых, почему его тогда нет внутри солнечной системы?

Но не только внутри солнечной системы есть некоторые парадоксы, которые невозможно вообще объяснить, оставаясь в рамках старой теории. Что-то странное происходит и на самой Земле.

Что происходит с гравитацией на Земле?

Первые сообщения о том, что в ходе солнечных затмений наблюдаются небольшие гравитационные аномалии, появились в 1954 г., после того, как французский экономист (и увлеченный физик-любитель) Морис Алле (Maurice Allais) обнаружил слегка необычное поведение маятника в те моменты, когда над Парижем наблюдалось полное затмение.

Характер осцилляции маятника обуславливается притяжением и вращением Земли. Однако Алле обратил внимание, что с началом затмения направление осцилляции заметно изменилось, что свидетельствует об изменениях в гравитации (см. иллюстрацию ниже). Сам Морис Алле, проведя повторный эксперимент несколькими годами позже, снова наблюдал подобный эффект. Его опыты повторяли и другие ученые в ходе 20-ти других затмений, однако их результаты более противоречивы: одним удалось подтвердить наблюдение француза, другим – нет.

Стоит сказать, что большинство физиков... сомневаются в реальности этой аномалии, поскольку она подвергает серьезному испытанию все наши представления о силах гравитации.

В июле 2009 года солнечное затмение прошло над Китаем и там решили серьезно проверить наличие гравитационной аномалии, установив сверхточные датчики на расстоянии 3000 км друг от друга, чтобы исключить какое-либо влияние климатических и других обычных факторов. В Интернете появлялись сообщения за сообщением о предстоящей проверке, шла бурная дискуссия, обнаружат что-то китайцы или нет. Вот один из примеров материалов, появившихся в Интернете до затмения.

Июльское полное солнечное затмение должно стать самым длительным в XXI веке: оно будет продолжаться шесть минут 39 секунд. Для проведения измерений китайские специалисты подготовили шесть гравиметров и два маятника, распределив эти приборы по шести точкам наблюдений, расстояние между крайними из которых составляет около трех тысяч километров. «Если оборудование нас не подведет, у нас появится шанс доказать, что аномалия действительно существует», — заключает участник работ Тан Кэюнь (Tang Keyun).

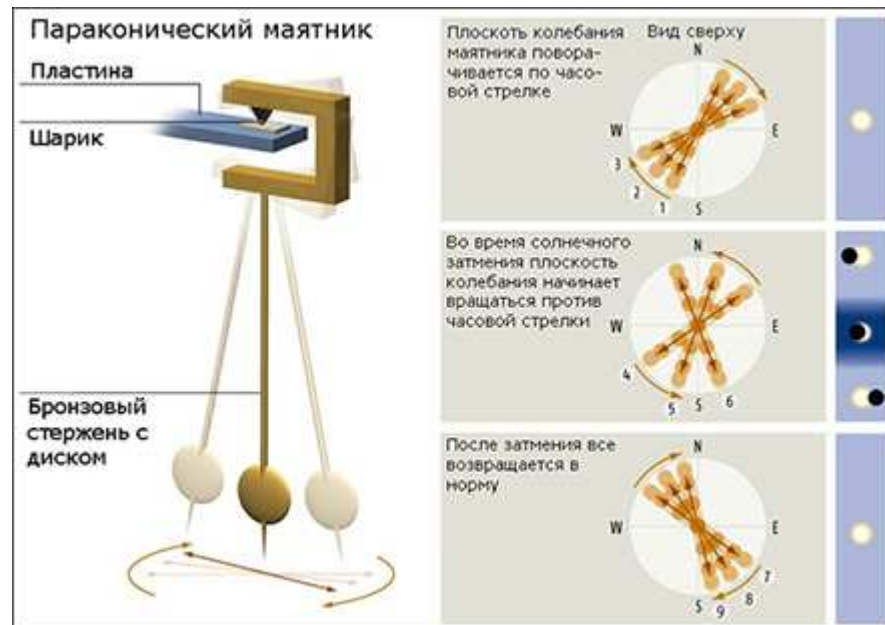


Рис. 6. Параконический маятник.

<http://science.compulenta.ru/442997/>

К сожалению после затмения из Интернета вообще исчезли какие-либо сообщения на эту тему. Почему?

Попытки перестроить теорию гравитации

Перечисленные отклонения от теории гравитации – лишь малая их часть. И нет сомнений, что в будущем наблюдения покажут ряд других не менее интригующих аномалий. Естественно, что ситуация вокруг классической теории гравитации

складывается так плохо, что стали появляться разного рода теории, корректирующие Ньютона-Эйнштейна. Одна из наиболее известных – теория MoND.

Совсем недавно физики установили, что в движении тел Солнечной системы могут наблюдаться эффекты, которые объясняются в рамках "исправленной" ньютоновской механики - так называемой **MoND (модифицированной ньютоновской механики)**.

В конце июня в архиве препринтов Корнельского университета появилась заметка, автор которой утверждал, что в Солнечной системе существуют явления, доказывающие возможность нарушения второго закона Ньютона. Ниже подробно изложена суть этой пугающей работы и предыстория ее написания. Сразу уточним, что опасаться краха привычного порядка мироустройства не стоит. Незыблемость классической физики все еще поддерживается темной материей.

Странности галактического масштаба

Первые признаки того, что во Вселенной что-то не так, появились в 1930-е годы. Работавший в США астроном Фриц Цвикки наблюдал несколько галактик, входящих в одно скопление. В самих галактиках не было ничего странного, однако из всех расчетов следовало, что они никак не могут находиться рядом. Галактики должны были давным-давно разлететься в разные стороны. Однако что-то удерживало их вместе. Цвикки предположил, что галактики притягиваются друг к другу за счет существования некоей скрытой массы, недоступной для обнаружения имеющимися у ученых приборами.

Коллеги Цвикки скептически отнеслись к его теории. Ученый вообще слыл эксцентричным чудаком, хотя впоследствии многие его идеи подтвердились. О загадочной скрытой массе Вселенной исследователи вспомнили спустя несколько десятилетий после того, как Цвикки придумал это понятие. Астрономические наблюдения показали, что без “лишних” килограммов не поддаются объяснению многие другие явления, в частности, вращение звезд на окраинах спиральных галактик.

Было постулировано, что скрытая масса (ее еще часто называют темной материей) представляет собой субстанцию, не участвующую в электромагнитном взаимодействии, но проявляющуюся в гравитационных эффектах. Ученые разработали множество теорий, объясняющих свойства темной материи. **Однако экспериментально обнаружить нечто, составляющее большую часть Вселенной, астрономам не удавалось.**

Подрывание основ

В то время пока большая часть исследователей занималась поиском скрытой массы, израильский ученый Мордехай Мильгром (Mordehai Milgrom) предложил совершенно иное объяснение странностей космических объектов. Он предположил, что объяснение кроется не в загадочной темной материи, а в знакомой динамике Ньютона. Все привыкли, что три закона движения всегда выполняются на Земле. Но работает ли ньютоновская механика в далеких галактиках?

Мильгром усомнился в универсальности второго закона Ньютона $F = ma$, где F – сила, m – масса объекта, a – его ускорение. В случае движения звезд вокруг центра галактики, входящая в уравнение сила F – это сила притяжения. Ученый обратил внимание, что нарушающие закон звезды движутся с очень малыми ускорениями. Исследователь предположил, что в системах, где ускорение падает ниже определенного критического значения a_0 , выражение $F = ma$ перестает работать. Вместо нее движением звезд начинает управлять формула $F = ma^2/a_0$.

Модифицированный закон Ньютона хорошо объяснял обнаруженные астрономами отклонения в движении галактик. Тем не менее, подавляющее число

ученых не воспринимали идею Мильгрота как вескую научную теорию. Модифицированная ньютоновская динамика (МоНД), как назвал ее автор, не соответствовала релятивистской теории гравитации (общей теории относительности, ОТО) и теории относительности в целом. Спустя два десятилетия после выхода статьи Мильгрота физик Якоб Беркенштейн предложил релятивистскую модификацию МоНД. Отношение к гипотезе Мильгрота стало чуть менее прохладным, но в научный мейнстрим она так и не вошла.

Чтобы отвоевать место под солнцем, сторонникам МоНД не хватало фактических данных. Теория модифицированной ньютоновской динамики постулирует существование ряда эффектов, проявляющихся при ускорениях ниже критического ускорения a_0 . Оно составляет приблизительно 10-8 сантиметров на секунду в квадрате. Для сравнения, ускорение свободного падения равно 9,81 метра на секунду в квадрате. Заметить изменения движения объектов такого порядка да еще и на огромных расстояниях на современном уровне развития техники невозможно.

Новая надежда

В конце июня в архиве препринтов Корнельского университета появилась новая статья Мордехая Мильгрота. Автор рассматривает еще один эффект МоНД, который проявляется в Солнечной системе. Если второй закон Ньютона верен, то где-то на полпути между Солнцем и центром Млечного Пути должна существовать область, в которой их гравитационные воздействия взаимно уничтожаются. В том случае, если выводы МоНД верны, в “мертвой зоне” сохранится гравитация. Мильгром рассчитал параметры этой силы и определил, как именно она будет воздействовать на находящиеся в Солнечной системе объекты.

Согласно расчетам ученого, плоскости орбит планет и комет, обращающихся вокруг Солнца, должны медленно изменять свою ориентацию по отношению к звезде. Рисунок оставляемого ими воображаемого следа должен напоминать лепестки ромашки.

Хотя новый эффект должен проявляться под самым носом у астрономов, зафиксировать его они пока не в состоянии. Чтобы увидеть предсказанное МоНД отклонение орбит, необходимо собрать точные данные о движении планет в течение длительного времени. Объем информации о наших ближайших соседях можно с натяжкой назвать удовлетворительным, а вот данных о траекториях удаленных планет катастрофически не хватает.

Появление новой работы не обеспечит МоНД признания в ближайшее время. Но если раньше ее сторонники должны были отстаивать свою точку зрения без надежды на экспериментальное подтверждение, то теперь у них появился крошечный шанс. Большинство ученых по-прежнему верит в незыблемость физических основ и наличие темной материи. Если в конце концов физикам удастся объяснить явления окружающего мира с их помощью – необходимость в МоНД отпадет сама по себе. Но до тех пор пока этого не произошло, МоНД имеет право на существование как одна из гипотез.

Кстати

Совсем недавно группа астрономов сделала доклад, который вновь заставил ученых вспомнить о подзабытой теории МоНД. Исследователи наблюдали карликовые галактики в Млечном Пути. Все они обращались в одной плоскости и в одном направлении. Такое поведение можно было бы объяснить их происхождением – карликовые галактики могли родиться от столкновения более крупных звездных скоплений. Однако в этом случае рядом с ними не должно быть темной материи, а без нее поведение “крошек” не укладывается в рамки ньютоновской механики.

Для любого непредвзятого ученого очевидно, что если есть факты, которые не может объяснить ныне существующая теория, то она верна лишь в некоторых границах, поэтому нуждается в решительной модернизации и расширении. Но поскольку наука так же консервативна, как и все общество в целом, никто не хочет разрушать основ до конца и поэтому, чтобы успокоить себя и общественность пытаются ввести нечто такое, чего никто не знает. Например, темную материю. Так, для того чтобы объяснить непонятные противоречия, вводится еще более непонятная и неизвестная материя. Этим «методом» можно объяснить что угодно. Возьмем, например, загадку шаровых молний – они, якобы, содержат в себе неизвестное науке вещество, которое обладает уникальной способностью к сохранению гигантской энергии в воздухе без стенок. Или еще круче – в шаровых молниях работает неизвестная нам скрытая энергия, которая выделяется неизвестной нам темной материей. Ну и что? Стало ли после такого объяснения понятно, как получить шаровую молнию в лабораторных условиях? Наверное, для некоторых физиков – да. Они возьмут темную материю, поместят ее в лабораторную камеру и извлекут из нее скрытую энергию. В путь...

Глобальный масштабный эффект

Сегодня мы ничего не знаем о причинах гравитационных отклонений, но мы знаем точно, что чем больше масштаб системы, тем они существеннее. Это непреложный факт. Отразим его на диаграмме (рис.7).

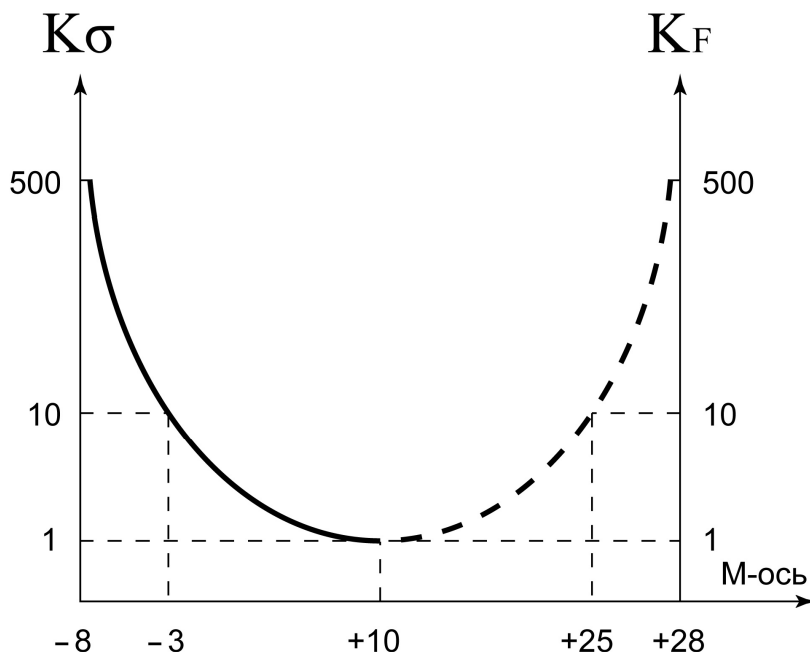


Рис.7. Качественная диаграмма, отражающая зависимость прочности (K_{σ}) и гравитационного притяжения (K_f) от масштабов системы (M-ось = $\lg D$ в см).

K_{σ} - коэффициент изменения реальной минимальной прочности (условно принятой за 1) в зависимости от размеров тела. K_f - коэффициент изменения силы

тяготения в зависимости от масштабов тела (известнее сейчас значение гравитационной постоянной (G) принято здесь за условную 1).

На диаграмме левая часть кривой построена на базе множества известных инженерам данных о степенном падении прочности при увеличении размеров тел. Правая ветвь диаграммы построена на основании всего лишь трех известных точек: отклонении сил гравитации для орбиты Меркурия (+12), для спиральных галактик (+23) и для скоплений галактик (+26...+28). Как можно проверить полученную экстраполяцию? Видимо, в самых общих чертах, звездные ассоциации (10+19 см) и звездные скопления (10+21 см) должны показать отклонения не в 10 раз, как для спиральных галактик, а всего лишь в 2...5 раз. Еще одна проверка – анализ полета Пионеров с момента, когда они пересекли границу планетной системы (+14) и до настоящего дня (+15). Вполне вероятно (если изменение силы гравитации не происходит скачками, кластерно), что замедление движения Пионеров носит нарастающий характер. И тогда через десятки лет оно станет еще более заметным.

Мы не зря сравниваем прочность тел в области Мега-мира с прочностью тел в Макро-мира. В этих двух мирах тела строят две совершенно разные силы – гравитационная и электромагнитная. Но в обоих случаях реальная прочность тел меняется на протяжении своего М-диапазона по степенному закону. Разница лишь в том, что для электромагнитных сил прочность постепенно падает к некоему условному центру (+7...+10) слева (от -8) и направо по М-оси, а для гравитационных сил – наоборот, к этому же центру силы падают справа (+28) налево. Это сходство изменения прочности тел наталкивает на идею о том, что в обоих случаях здесь скрыта одна и та же системная закономерность.

В чем причина такого зеркального поведения двух тенденций? Мы попытаемся дать ответ на этот вопрос в следующей главе. А здесь лишь отметим очевидный факт, подтверждаемый множеством неоспоримых наблюдений. Чем ближе мы подходим к макромиру (от атомов вправо или от галактик влево), тем ниже прочность (устойчивость) систем.

Что же такого есть в макродиапазоне общего, что снижает прочность и устойчивость тел независимо от вида силы, которые ее обеспечивают?

Если собрать все факты вместе, то мы, очевидно, живем в некотором «расслабленном мире». В мире наших лабораторий все силы действуют слабее. Слабее в сотни раз прочность и слабее в сотни раз гравитация. И поэтому весь наш макро-опыт начинает давать гигантские сбои, когда мы его переносим по М-оси вниз или вверх.