В.Э. ДЕВУЦКИЙ
К ТАЙНАМ ДВИЖЕНИЯ

В. Э. Девуцкий

К ТАЙНАМ ДВИЖЕНИЯ

Издательство Воронежского университета
1993

Спонсоры издания:
Воронежский коммерческий банк "Энергия"
Воронежское Акционерное общество "Промтекстиль"
Воронежский акционерный коммерческий банк "Петр Первый"

УДК531.37

Девуцкий В.Э. К тайнам движения». - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1993. - 160 с.

В книге изложена альтернативная концепций механики, воссоздающая некоторые идеи доньютоновской (декартовой) физики в современных научных условиях. В ином свете предстают понятия импульса, силы, энергии, работы, гравитации, рассмотренные в системе безразмерного пространства и квантованного времени.

Для широкого круга читателей, интересующихся проблемами развития современной физической науки. Может быть использована как пособие для эвристического обучения в школах, техникумах и вузах.

Ил. 25.

Рецензенты:
канд. пед. наук А.П.Лукин,
канд. филос. наук Ю.Н.Малашенко,
канд. физ.-мат. наук А.Н.Алмалиев

Д $\frac{1604030000 - 043}{M174(03) - 93}$ без объявл.

© Девуцкий В.Э. 1993

ISBN 5-7455-0711-X

© Оформление. Издательство Воронежского университета, 1993

Памяти Сергея Казаряна

ПРЕДИСЛОВИЕ

Триста лет назад Гук, Декарт, Лейбниц, Ньютон заложили основы классической механики, и с тех пор эта область знаний не претерпела заметных изменений. Однако стабильность этой ситуации внушает немалые сомнения. Ньютонова механика строилась на основе казавшихся тогда очевидными принципов изоморфности, изотропности, абсолютности пространства, времени, массы и других физических величин. Физика XX века показала, что эти аксиомы отнюдь не бесспорны. Причем не только на околосветовых скоростях. Логическим следствием галилеева принципа относительности движения является относительность пространства при любых уровнях скоростей. Уже Пуанкаре показал, что само по себе пространство не имеет ни внутренней структуры, ни естественной размерности. Пространство бесструктурно, безразмерно, принципиально неизмеримо. В то же время во все формулы классической механики непременно входят параметры абсолютного пространства – и никто из ученых не пытается оговорить кричащее противоречие.

Автор попытался реконструировать ход научных изысканий, который мог бы иметь место триста лет назад, если бы основатели механики имели представление об относительном бесструктурном пространстве и провели этот важнейший для понимания природы принцип до логического предела. Нет сомнения, что тогда возникла бы совсем иная механика с иным понятийно-терминологическим аппаратом. Результатом этих размышлений и является данная книга.

Современная физическая наука охватила собой все видимое пространство мироздания. Благодаря ей стали возможны бесчисленные технические преобразования, сделавшие нашу жизнь такой, какой она нам видится. Люди привыкли уже к мысли, что на пороге XXI столетия почти не осталось ни тайн природы, ни глубочайших загадок разума. Однако, как это ни парадоксально, даже самый крупный ученый наших дней, вооруженный многотомными научными энциклопедиями, будет поставлен в тупик перед наивными детскими вопросами: что такое человек, что такое материя, что такое время, пространство, движение, что такое, наконец, счастье, вдохновение, истина! Конечно, кто-то станет горячо и запальчиво

объяснять, что это-де есть то-то и то-то, а то – это и это. И все же для наиболее фундаментальных понятий удается найти лишь видимость объяснения.

Как строится логика наших наук? В каждой из них есть набор общих положений (аксиом), из которых вытекают все более и более частные. Любое явление, любой изучаемый феномен путем логических операций легко свести к комбинации исходных аксиом. Но со времен Демокрита и Аристотеля немногие из аксиом расщепились на еще более элементарные составные части. И так же, как у древних, аксиоматические элементы продолжают восприниматься нами интуитивно, эмпирично, чисто образно. И на веру!

Это положение вещей абсолютно естественно, ибо такова природа человеческого формально-аналитического восприятия. Странно было бы как раз обратное. Если бы всякая аксиома легко поддавалась поэлементному описанию, тогда познание стало бы практически невозможным – оно никогда не могло бы обрести фундамент и постоянно рассыпалось бы на кирпичики невыясненных вопросов. Так что для ученого даже благо, когда, дошедши до далее нерасчленимых истин, он констатирует, что его наука оперлась на прочно укрепленную почву. Действительно, огромное здание математики покоится на нескольких элементарных понятиях: точка, прямая, кривая, равенство, неравенство, «больше», «меньше», площадь, объем. Несколько больше аксиом в физике: скорость, масса, расстояние, различные постоянные, формы взаимодействия материи. Есть свои аксиомы и в таких науках, как история или искусствоведение. В истории это – хронологическая шкала, источники, исторические находки, реликвии, фактология, эпос, археологические данные. В искусствоведении – эстетические нормы, сведения о художниках, знание элементов изобразительного искусства.

При таком положении вещей неминуемы и минусы. Главный из них состоит в том, что любое наше знание в той или иной мере тавтологично: исходя из постулируемых, но не определяемых аксиом, оно при любом аналитическом размышлении к этим же аксиомам и сводится. Другими словами, человеку дано познавать не сам мир как таковой, а бесчисленные отношения его элементов.

Лучше всего проиллюстрировать данную мысль на примере математики, этой «разветвленной системы тавтологии». Какими бы сложными и нагроможденными не были ряды формул – они сводятся или к равенству или неравенству. Поэтому математику в принципе все равно, что «обсчитывать»: тонны, километры, площади под кривыми, многомерные

фигуры или еще что-то. Математик не вдается в мучительные философские размышления над сущностью времени или пространства. Его цель достигнута, если он нашел равенство или неравенство в отношениях сравнимых величин. Знаменитый «икс» алгебраиста является лучшей иллюстрацией того, что этой науке неинтересны не только объекты счета, но даже конкретные цифры, которыми этот счет мог бы быть выражен.

Казалось бы, физику или астроному должны быть интересны именно сами физические объекты, их внутренняя суть, смысловая наполненность. Но откройте учебники по этой дисциплине (а тем более сугубо научные труды) – и вы увидите, что современный физик – тоже алгебраист, считающий, что он исследует безграничную природу. На самом же деле он лишь устанавливает изощренные равенства между иксами пространства и игреками времени, подлинная сущность которых уже давно перестала его занимать.

Таким образом, дорогой читатель, если в тебе сохранилась хоть капля наивного детского интереса к тайнам мироздания – можешь смело приступать к размышлениям над ними. Ты сейчас, как и древний грек, впервые ощутивший огромность Космоса, на самом пороге сущностного знания. Никто этот порог еще не переступил!

Понимание сущности вещей видимо, далекая и не вполне прогнозируемая цель человеческого разума. Тяга же к нему существовала вечно. На гребне этой тяги человек и должен время от времени возвращаться к истокам, снова и снова задавая себе детский вопрос: что есть что. Эта альтернативная устоявшейся науке попытка познания – не простое донкихотство, это воплощенная мечта разума.

РАЗМЫШЛЯЯ О ТАЙНАХ ДВИЖЕНИЯ

Сложен и хитроумен мир великой Матери природы. Тайн хранит он больше, чем разгадок. И мысль человеческая, как бы ни была она быстра, не в силах охватить разом все законы мироздания. Долгая эволюция звезд и мгновенное превращение элементарных частиц слишком далеки своими масштабами от нашего повседневного опыта. Сознание человека может лишь моделировать, прогнозировать, обобщать многие естественные процессы.

Законы механического движения кажутся на этом фоне более простыми, наглядными, достоверными. Однако даже здесь нас подстерегают неожиданные сюрпризы природы и хорошо знакомые со школы представления оказываются на поверку весьма приблизительными знаниями.

Движение очевидно, и в этом его обманчивая доступность для понимания. Что значит двигаться? В повседневном человеческом опыте это значит преодолевать пространство. Пространство также очевидно, хотя при ближайшем рассмотрении оно абсолютно непонятно. Ученые до сих пор не знают, прерывно оно или непрерывно, сколько у него измерений. Неясно также, какой масштаб измерений (междукварковый или межгалактический) для него типичен, существует ли абсолютный вакуум и обладает ли он пространственными характеристиками.

Преодоление пространства протекает во времени. Время очевидно, но что это такое – никто сказать не может. Прерывно оно или непрерывно? Почему течет в одну сторону? Существует ли единое вселенское время или оно разное для отдельных космических объектов?

Парадоксы, связанные с движением, подстерегают нас на каждом шагу. Предположим, некто живет на небесном теле, столь удаленном от звезд и галактик, что вынужден считать свое пристанище неподвижным. Однажды этот некто обнаруживает, что навстречу его планете мчится с огромной скоростью (например, 1000 *км/с*) астероид. Страх от возможности катастрофического столкновения сменяется удивлением: как это космическое тело может набрать столь чудовищную скорость, преодолевая каждую секунду необозримое расстояние!? Каково же было бы потрясение инопланетянина, если б ему сказали, что замеченный им астероид вовсе не летит стремглав в пространстве, а сравнительно медленно (0,5 км/с) вращается по орбите вокруг очень удаленной звезды, которая покоится вдали от других небесных тел. Катастрофическое же сближение

идет по вине его планеты, которая, мчась с бешеной скоростью – 1000 миль в секунду, грозит расплющить одинокий астероид.

Со времен Галилея известно, что нет способов отличить равномерное прямолинейное движение от состояния покоя, и если на планете думают, что мчится астероид, а на астероиде полагают обратное, то это вроде бы само собой разумеется, однако никто не прав, ибо скорость движения относительна. Но кто же все-таки преодолевает пространство? Согласитесь, что для нормального рассудка отмахивать каждую секунду 1000 *км* или безмятежно покоиться на окраине Вселенной – не одно и то же! Может, есть сторонний наблюдатель, который считает себя покоящимся, и ему кажется, что планета и астероид сближаются со скоростью 500 *км/с* каждый. А может быть, естественное движение наблюдателя таково, что он видит, как мчится планета со скоростью 1000 *км/с*, а ее нагоняет астероид, «на спидометре» которого 2000 *км/с*. Или картина иная: летит астероид со скоростью 3000 *км/с*, а за ним вдогонку мчится планета со скоростью 4000 *км/с*. Кто же все-таки реально «пропахивает» эти тысячи километров и в какую сторону?

До конца XIX века физики полагали, что есть абсолютно неподвижная внутренне структурированная субстанция – эфир, относительно которой вопрос о реальном преодолении пространства всегда может быть доказательно решен. После опытов по определению скорости света Майкельсона и Морли иллюзия рассеялась, но это повлекло за собой естественное сомнение: если нельзя наверняка сказать, пронизываю ли я пространство в том или ином направлении и с какой-то скоростью или пространство мчится сквозь меня, то что же такое само пространство и существует ли оно вообще?

Действительно, я замерил рулеткой расстояние в 10 *м*, которое легко окидывается взглядом и которое при желании нетрудно преодолеть ходьбой, бегом, ползком и даже на руках. Но пока я в течение 10 *с* растягивал мерную ленту, почва вместе с планетой переместилась в пространстве космоса на 4 *км* вокруг оси, на 300 *км* вокруг Солнца и на 2000 км в противоположную сторону вокруг ядра галактики (а также на точно неизвестные пока сотни тысяч километров вокруг центра Вселенной, если таковой есть). Что же я замерил? Ведь окидывая глазами метр земной поверхности, я одновременно скользнул взглядом по бесчисленным сотням километров, которые успевает проделать Земля в своем космическом беге.

Значит, реально измеряемого пространства нет? Скорее его действительно нет в том обыденном понимании, в каком воспринимает его наш мозг. Убедиться в этом можно, закрыв глаза. Мир не перестанет

существовать, останутся все движения и перемещения, однако сам собой снимется вопрос пространственного промера. (Чувственный мир слепого от рождения лишен пространственных характеристик и для него нет дилеммы «горы и Магомета».) По-видимому, космическое пространство, лишенное материи (а именно макротел), бесструктурно и его невозможно «объективно» промерить. Нет ни одной точки пространства, о которой можно было бы сказать, что она покоится или движется в определенном направлении с определенной скоростью. Собственно, нельзя даже говорить о конкретных «точках пространства», ибо нельзя идентифицировать какую-либо точку саму с собой (никто не может поручиться, что точка эта локализована, а не бесследно ускользнула в первый же миг ее "локализации").

Но раз не существует конкретных точек пространства – нельзя говорить и о системе точек, а значит, нельзя говорить и о самом пространстве как о чем-то сущем. Эти рассуждения, на первый взгляд, противоречат обыденному сознанию и непосредственному восприятию, ибо последние «показывают» нам пространство воочию. Вот здесь и возникает сложная философская проблема: то, что наш мозг воспринимает как реальное пространство, на самом деле вряд ли является некоей реальной субстанцией. Иллюзия кажущегося образа пространства – это результат согласованных, упорядоченных (пока мы не знаем, с помощью каких механизмов) физических процессов, позволяющих существовать в тесных «локализованных» взаимодействиях огромному количеству молекул, атомов, элементарных частиц, образующих окружающий нас макромир. При этом, разумеется, у любой частицы своя собственная траектория (это также иллюзия человеческого мозга), нигде не совпадающая с другими – ведь все частицы весьма по-разному вращаются друг около друга и вокруг своей оси. Но на фоне других объектов, не входящих в ближний микромир, движения всех частиц действительно взаимосогласованы, что позволяет говорить о преимущественном направлении и скорости их согласованного движения относительно более далеких объектов.

Иерархия упорядоченных объектов макромира (предметов, людей, зданий, планет, звезд, галактик, групп галактик) в их кажущихся нам усредненных движениях по отношению друг к другу и создает тот образ относительного пространства, который воспринимается человеческим мозгом. Приводными ремнями, которые организуют согласованное существование больших и малых физических систем, выступают особые,

пока еще плохо познанные факторы мироздания, которые принято называть гравитационным, электромагнитным, сильным и слабым взаимодействиями вещества. Природа этих взаимодействий еще не выяснена. Возможно, это символические названия каких-то совсем иных космологических сущностей – ведь ни одно из этих взаимодействий до сих пор «не поймано», во всяком случае, не обнаруживает никаких субстанциональных свойств. Их нельзя «пощупать», локализовать в пространстве, обнаружить в виде реальных линий, сфер, плоскостей. Вспомним, что Фарадей, вводя понятия магнитных линий и магнитного поля, предупреждал, что под этими словами не следует понимать какие-то действительно существующие материальные линии или сферы. Это лишь удобные зрительные ассоциации.

Чтобы еще раз подтвердить мысль об отсутствии субстанциональных пространственных характеристик мироздания, проделаем мысленный эксперимент. Представим, что гравитационные, электромагнитные, сильные, слабые взаимодействия отсутствуют и все элементарные частицы независимы друг от друга. Это состояние выразится для человеческого сознания тем, что все частицы станут двигаться абсолютно хаотически, каждая в своей собственной автономной системе координат, т.е. все они с позиций стороннего наблюдателя будут перемещаться во всех мыслимых направлениях с различными относительными скоростями. Сможем ли мы в этом, казалось бы, простом и предвычисляемом математически мире замерить хотя бы одно расстояние? Нет, ибо в хаосе беспрестанно изменяющихся расстояний и направлений движения частиц ни одно соотношение даже любых трех из них и приблизительно не сможет повториться (в существующем мире такие повторения имеют место). Кроме того, нельзя будет применить ни один измерительный инструмент, так как ни линейка, ни мерная лента не смогут существовать как объекты природы. (Кстати, не исключена возможность реального существования подобного хаоса даже рядом с нами. Но можно ли такой хаос обнаружить и надежно описать?)

Итак, физические параметры пространства ("самого по себе") не обнаруживаются, и в этом смысле пространство бесструктурно, несубстанционально. Остается показать, что по этим же причинам пространство и безразмерно: 1) невозможно установить его истинную размерность (масштаб) в единицах длин, площадей, объемов;
2) невозможно доказать его трехмерность, четырехмерность и т.д.

Единственным способом «промерить» пространство было бы абсолютно мгновенное совершение этого акта (моментальная фотография пространственных объектов). Но тогда возникает парадокс, напоминающий

принцип неопределенности Гейзенберга: или мы каким-то способом отключаем время и тогда спокойно измеряем «реальное пространство», зафиксированное в полной неподвижности населяющих его объектов; или, действуя во времени, мы теряем возможность оперировать объективными пространственными характеристиками.

С равными основаниями можно утверждать, что 1) пространство нульмерно (подобно точке); 2) пространство бесконечномерно. Последнее утверждение легко иллюстрируется тем фактом, что из любой точки мироздания можно провести бесконечное число прямых линий по бесконечному количеству направлений. Соответственно всем этим направлениям бесчисленные ориентации автономных систем отсчета показывают существование фактически бесконечного числа пространственных миров, прилегающих один к другому, частично перекрывающих друг друга, но никогда не сводимых друг к другу.

Наблюдаемая человеческим разумом трехмерность ближнего пространства – скорее специфическая иллюзия работы мозга, «доказываемая» имманентным геометрическим фактом: можно собрать симметричную фигуру из одних прямых углов (90°). Для этого потребуется 12 угольников, содержащих 24 спицы. Правда, спицы, образующие угольники, будут сходиться по четыре, отчего реальных спиц будет только 6. В свою очередь шесть сходящихся в одной точке взаимоперпендикулярных спиц можно представить как три пересекающиеся в одной точке линии. Число «три», таким образом, удобный параметр простейшей геометрической модели воспринимаемого нами пространства, но оно ни в коей мере не отражает его глубинной сути. (Некоторые гипотезы по восприятию трехмерности мы выскажем в конце книги.)

Вывод о бесструктурности, безразмерности, несубстанциональности пространства сразу же ставит важный вопрос: поскольку пространственные характеристики (длина, путь, площадь, объем) входят практически во все физические формулы, с какой же степенью доверия следует относиться к физическим величинам и рабочим моделям, в которых почти наверняка есть размерность метра, ангстрема, парсека?

Физика, базирующаяся на измерении принципиально безразмерных параметров и уже осознавшая это, не может остаться непотревоженной. Серьезные сдвиги должны произойти и в физическом мировоззрении ученых. При изучении проблем движения, где пройденные телами расстояния, достигнутые ими скорости

или развиваемые ускорения непременно включат в себя ссылки на парижский эталон метра, проблема относительности пространства встает с особой драматичностью.

Гипотезу о бесконечномерности (или безразмерности) физического пространства полезно применять во многих случаях решения труднейших мировоззренческих задач. Она легко снимает кажущиеся непреодолимыми научные парадоксы, тем более снимает груз обыденного, мифологизированного мировосприятия. Например, легче примириться с фактом «бесконечности Вселенной» – не надо мучительно гадать, а что же там, за краем космоса. Проще вообразить колоссальные расстояния до галактик – ведь это кажимость человеческого восприятия, и миллиарды световых лет для вакуума «структурно» сопоставимы с поперечником атома.

ЧТО ТАКОЕ МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ?

Единственным видимым критерием движения тел выступает изменение их пространственных характеристик (расстояний, направлений, координат) относительно друг друга. Жители планеты, находящейся вдали от звезд и галактик, не могут быть уверены, что их планета непременно движется или непременно покоится. Но для удобства они скорее полагали бы ее неподвижной. Мы, земляне, знаем, что наш общий дом перемещается по орбите вокруг Солнца. Нам даже могут показать направление, в котором это перемещение в данный момент происходит. Однако практически это направление в нашем чувственном опыте ничем не отличается от бесчисленного количества других направлений. И мы легко можем вообразить себе, что Земля с огромной скоростью несется в любую иную точку воображаемой сферы. Интереснее всего, что любая подобная фантазия небеспочвенна, ибо во Вселенной всегда найдется такая галактика, либо такая звезда (их неисчислимые миллиарды), по отношению к которой расстояние с Землей сокращается или увеличивается. (В связи с невообразимо огромными расстояниями до звезд и галактик это сближение или удаление трудно уловить, хотя объективно оно может составлять многие тысячи километров в секунду.)

Точно так же и житель нашей гипотетической далекой планеты может вообразить, что он не покоится, а мчится с невероятной скоростью в любом направлении. Но это мысленное представление, даже подкрепленное астрономическими соображениями, трудно принять за строгий аргумент непременного перемещения. Иначе следует допустить, что твоя планета движется сразу во всех направлениях

(кстати, этот парадокс также снимается гипотезой о бесконечномерности пространства).

Эффект относительности механического движения становится более очевидным для обыденного сознания, если отключиться от вселенской картины видимых пространственных связей. Допустим, сближаются два астероида, расстояние между ними стремительно сокращается. Но невозможно достоверно сказать, что движется лишь один из них, а другой покоится, или что движутся они с той или иной конкретной скоростью и в строго конкретном направлении. Принцип относительности Галилея не дает гарантированной уверенности в оценке «собственных» движений астероидов. Собственно, таковых и нет, и всякое механическое перемещение может быть оценено лишь относительно других объектов. В этом смысле можно смело принять гипотезу, что любое тело Вселенной условно неподвижно – тогда можно приписать ему соответствующую покоящуюся по отношению к нему систему координат. В этом ракурсе все кажущиеся изменения взаиморасположений тел в космосе можно трактовать как следствие имманентного (изначально присущего миру) разнообразия пространственно-временных ориентаций многочисленных покоящихся относительно своего объекта систем координат (в бесконечномерном и безразмерном пространстве).

Есть, однако, ситуации, обладающие более надежным определителем эффекта движения (тоже относительного), – это механический контакт тел, сопровождаемый непременно некоторыми невидимыми внутренними изменениями в веществе тел, а также и некоторыми видимыми изменениями пространственно-временных ориентаций их координат относительно состояния условного покоя. Результаты механических контактов, нарушающих условный покой тел, сказываются в резких изломах траекторий, изменении относительных скоростей перемещения*.

МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ И ЕГО ПЕРЕДАЧА

Движение становится зримым, если два или несколько тел «покоятся» в разных системах координат, и эти системы сближаются или удаляются друг от друга, т.е. движутся. При этом тела могут промчаться мимо друг друга, не вызвав никаких изменений своих состояний «покоя». Эти случаи по-своему привлекательны, но они оставляют физика равнодушным. Последнего интересуют события, когда тела вступают в соприкосновение (контакт), результатом которого,

* Мы оставляем пока за кадром действие гравитационных, электрических, магнитных и прочих немеханических взаимодействий.

как правило, бывает видимое изменение взаимных траекторий, скоростей, а также внутреннего состояния (формы, температуры, структуры и качеств вещества).

Изменение траекторий и относительных скоростей движущихся навстречу тел до и после столкновения составляет основной интерес классической механики – науки о передаче и преобразовании движений в результате прямых контактов.

СТОЛКНОВЕНИЯ

Столкновение – самый простой и очевидный акт трансформации первоначального относительного движения тел. Случаи столкновений скрупулезно изучены. Но до представления полной картины явления еще далеко. В механике, как правило, начинают изучать столкновения в виде контактов идеальных объектов – «материальных точек». Результаты таких контактов описывают языком строгих математических отношений.

В теоретической трактовке столкновений широко применяют понятия импульса и механической энергии тел, помогающие построить формулы для расчетов последствий столкновения. Широко известны законы сохранения импульса и энергии, являющиеся краеугольным основанием всей физики.

И импульс, и механическая энергия зависят от массы движущегося тела (m) и от его скорости (v): $\boldsymbol{p} = m\mathbf{v}$; $\boldsymbol{E} = m\mathbf{v}^2/2$ (здесь $\boldsymbol{p}$ – импульс, $\boldsymbol{E}$ – энергия). Считается, что контактирующие тела обмениваются импульсами и энергиями, в результате чего их движения изменяются (по скорости, направлению, траектории). Такая формулировка провоцирует видеть в импульсе и механической энергии некие субстанции, физические сущности, являющиеся «особыми формами существования материи».

В это же время зависимость импульса и энергии от скорости заставляет усомниться в реальности подобных субстанций. Так как пространство бесструктурно, а скорости тел равны нулю в своих собственных системах координат, импульс и механическая энергия также равны нулю, т.е. реально не существуют. Подобной зависимости от скорости лишена, например, такая величина, характеризующая материальность тел, как масса. Правда, в релятивистской механике масса может неограниченно расти с приближением скорости к световой, но эффектов, когда реальная масса обращается в нуль, физика не знает.

Конечно, сами формульные сегменты $m\mathbf{v}$ и $m\mathbf{v}^2/2$ помогают описывать определенные эффекты во взаимоотношениях контактирующих тел, но это чисто математические зависимости, а не

субстанциональные величины. В десятках формул встречаемся с десятками тех или иных формульных сегментов, но мало кому приходит в голову каждый из них рассматривать в виде той или иной сущности.

С этим нужно примириться. В конце концов вся история физики – это последовательное освобождение понятийного аппарата от фантомов, порождаемых обыденным сознанием. Канули в небытие «Земля – центр Вселенной», «хрустальный небесный купол», «четыре стихии», «философский камень», «боги-небожители», «теплород», «флогистон», «эфир», «абсолютное пространство» и «абсолютное время», «орбиты электронов», «атомное вещество» и проч. Постепенно физике суждено будет освободиться и от субстанционального понимания силы, импульса, энергии поля. Пока это утверждение звучит диковато, но научный прогресс неумолим!

Итак, импульс и энергия – математические иллюзии, но сами по себе столкновения реально существуют. Каким же образом описать законы, по которым они происходят?

Механический контакт тел становится возможным при двух непременных условиях: 1) покоящиеся системы координат тел неидентичны (их относительные траектории разнятся по направлениям, тела сближаются друг с другом); 2) существуют такие интервалы времени, в течение которых сближающиеся тела должны бы одновременно занять одни и те же участки пространства – их траектории перекрываются. (Обратим внимание на диалектическое противоречие: системы координат разнятся, а конкретные пространственные координаты тел в данный момент времени угрожают наложиться друг на друга.)

Но ни одна частица материи не может занимать точку пространства, уже занятую другой частицей, – это важнейший закон квантовой механики. Сам процесс сближения тел – это угроза квантовому запрету. И материя сопротивляется. Процесс сближения на ближних подступах к прямому столкновению частиц сначала приостанавливается, а затем сменяется разлетанием их в противоположные стороны. На всех этапах сближения, остановки и разлета тел действует единый механизм, который принято называть электростатическим отталкиванием одноименных зарядов. Именно электростатическое отталкивание сначала тормозит до нуля скорость сближения, а затем наращивает ее в противоположном направлении. Природы сил отталкивания мы пока не знаем. Скорее всего она является своеобразной понятийной проекцией на наше чувственно-логическое восприятие квантовых процессов, не допускающих

существование двух любых частиц в одинаковых состояниях или расположение их в одной и той же области реального пространства Вселенной одновременно. Но именно проявлением квантовых эффектов в форме электромагнитного отталкивания можно описать результаты всех механических взаимодействий.

Рассмотрим опыты по столкновению макротел. Для простоты подложим, что мы сталкиваем тела шарообразной формы лоб в лоб (когда траектории взаимного сближения проходят через центры масс обоих тел). В зависимости от привходящих условий возможно несколько вариантов последствий контакта:

1. В большем шаре есть отверстие, через которое свободно пролетает меньший. Последствия такого контакта нулевые: траектории шаров и их относительные скорости не изменились.

2. Отверстие в большем шаре может быть неровным, и цепляющийся за бугорки меньший шар потеряет в скорости. Несколько замедлится и противоположное движение большего шара.

3. Отверстие в большем шаре конусообразное, и маленький шар застревает внутри большого. Далее они движутся как единое целое.

4. Столкнувшиеся шары разлетаются в противоположные стороны. Но скорость разлета меньше скорости сближения.

5. После столкновения шары разлетаются со скоростью предшествующего сближения (абсолютно упругое столкновение).

Случаев, когда после контакта взаимные скорости шаров больше, чем до контакта, природа не знает (по крайней мере, для макротел). Это естественный закон.

Известно, что, несмотря на столь разные результаты контакта, во всех случаях выполняются законы сохранения – в данном случае импульса и механической энергии. Причем считается, что суммарный импульс тел всегда сохраняется в полном объеме, в то время как кинетическая энергия переходит, превращается частично или полностью во внутренний тепловой вид. Эта теория общепризнана. Однако она имеет скрытые противоречия. Поэтому и сами законы сохранения нуждаются в переосмыслении. Это вполне понятно, ибо если усомниться в субстанциональности импульса и энергии, то нелегко ответить на вопрос: а что же тогда должно сохраняться?

Итак, сталкиваются два макротела, способные сохранять свою целостность. Что при этом происходит? Передние кромки молекул обоих тел на атомных расстояниях начинают сперва тормозить, а затем расталкивать друг друга в противоположных направлениях. Движущиеся вслед вторые шеренги натыкаются на идущие теперь назад первые и, в свою очередь, начинают тормозиться, а затем набирать

скорость вспять. То же происходит с третьими, четвертыми и т.д. шеренгами, пока все они не наберут направленную назад обращенную скорость. По телам бежит своеобразная волна молекулярного сжатия – отталкивания. Молекулы начинают многократно колебаться (звук удара), пока в них не установится новое положение равновесия, соответствующее новой скорости и новой покоящейся системе координат.

В идеальном случае (при недостижимых на практике абсолютно упругих столкновениях) скорость разлета тел должна быть равной скорости предшествующего сближения. В других случаях она может быть существенно меньшей, так как часть движения молекул уйдет на тепловой разогрев и акустический эффект. В любом случае она только не может стать больше исходной скорости сближения. Это надежно установленный твердый закон природы, не допускающий рождения движений из ничего.

Как ведут себя сталкивающиеся тела? Если они совершенно одинаковы по массе, форме, материалу, они будут изменять свои скорости строго симметрично. Выберем в пространстве точку О, в которой тела впервые соприкоснутся, причем положим эту точку покоящейся в системе координат, по отношению к которой взаимное сближение тел будет симметричным, равным по модулю и составляющим ровно половину от взаимной скорости сближения. Мы увидим, что тела на мгновение замрут вблизи этой точки, а затеи наберут совершенно одинаковые по отношению к ней обращённые скорости (обе скорости могут быть теперь и меньшими в сравнении со скоростями сближения).

Но массы сталкивающихся тел могут быть неравны. Тогда точка соприкосновения **О**, рассмотренная в симметричной относительно равных скоростей системе координат, уже не будет симметричной самому процессу столкновения. Наблюдатель увидит, что точка соприкосновения и точка разлета станут пространственно разным» Точка разлета **О** передвинется по направлению движения больше массы. Можно ли в этом случае подобрать систему координат покоящейся точки с тем, чтобы последняя не сдвигалась от момента ее прикосновения до момента разлета? Опыт показывает, что такая система координат всегда возможна. Ее называют «системой центра масс». Характерная черта ее – внешняя асимметричность к взаимным скоростям сближения. Скорость сближения (***V***) с этой точке большего тела (***M***) должна быть меньше скорости сближения (**v**) меньшего тела (**m**) в обратной пропорции: чем массивнее тело, тем

меньше по модулю его относительная скорость в направлении точки центра масс:

$$\mathbf{v}/V=M/m$$

То же правило верно и в отношении обращенных скоростей разлета:

$$\mathbf{v}_1/V_1=M/m$$

Математическим следствием этих пропорций будут следующие равенства:

$$m\mathbf{v} = MV;\ \mathbf{m}v_1 = \mathbf{m}V_1$$

Обязательно ли придавать этим символам математических отношений статус особых субстанций – импульсов? Или с таким же основанием можно приписать субстанциональное значение числу **π**, которое определяется из отношения **π = О/2г**?

Равенство произведений $m\mathbf{v}$ и MV в системе центра масс и их противоположную векторную направленность правильнее трактовать именно с позиций симметричности процесса столкновения. В самом деле, соприкосновение тел в точке симметрии происходит строго одновременно для них обоих; одновременен и акт последнего мгновения расталкивания (когда обращенные скорости уже полностью сформируются). За этот интервал времени массивное тело успеет сбросить скорость (в системе центра масс) до нуля и набрать обращенную скорость в меньшем объеме, нежели легкое тело. Этот факт объясняется тем, что волна молекулярного сжатия за одно и то же время в меньшем объеме вызовет больше изменений, чем в массивном, где она вынуждена будет дробиться на большее число молекул, пропорционально уменьшаясь по интенсивности, а следовательно, по величине реального действия.

Таким образом, если известна скорость сближения u, то в системе центра масс скорости тел относительно точки симметрии определяются по формулам

$$v_0 = \frac{uM}{m+M};\ V_0 = -\frac{um}{m+M} \quad \text{или} \quad v_0 = -\frac{uM}{m+M};\ V_0 = \frac{um}{m+M}.$$

После абсолютно упругого столкновения скорости сохраняют величину, меняя знак на противоположный, причём изменение скорости суммарно от v_0 до нуля и от нуля до v_1 составит $2\frac{uM}{m+M}$, а от V_0 до нуля и от нуля до V_1 - $(-2)\frac{um}{m+M}$ (знаки произвольны*).

Эти постулаты позволяют вывести формулы изменения скоростей

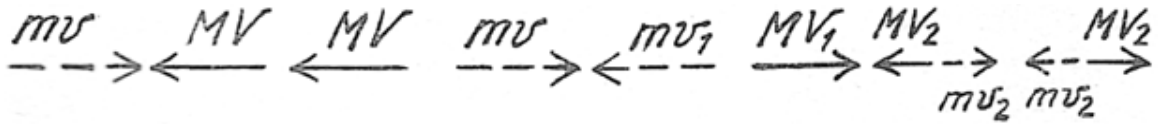
* В дальнейшем формулы будут верны для случаев, где $v > V$, учитывая знаки "плюс" и "минус"

после контакта, верные для всех систем координат, в которых можно наблюдать столкновения тел:

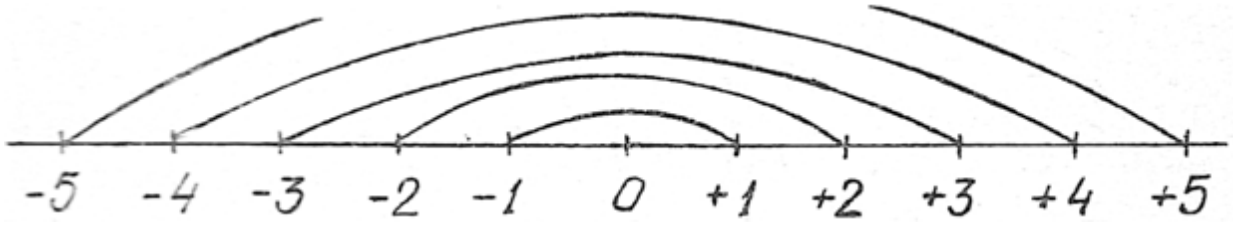
$$V_1 = \frac{m\,(2v - V) + MV}{m + M}\,;\; v_1 = \frac{M\,(2V - v) + mv}{m + M},$$

где ***V*** и ***V1*** – скорости более массивного тела до и после столкновения; ***v*** и ***v1*** – соответственно скорости менее массивного тела в любой произвольной системе координат, с позиций которой ведется наблюдение; ***m*** и ***M*** – соответственно массы меньшего и большего тел.

Вернемся теперь к известному положению о том, что в любых столкновениях тел (упругих, неупругих) сумма импульсов всегда сохраняется. Оно лишь кажется принципиальным, маскируя совсем иные процессы. В системе центра масс произведения $m\mathbf{v}$ и MV, $m\mathbf{v_1}$ и MV_1 всегда равны между собой и противоположно векторно направлены. Поэтому суммы $m\mathbf{v} + MV$ и $m\mathbf{v_1} + MV_1$, где $MV = -m\mathbf{v}$, а $m\mathbf{v} = -MV$, всегда равны нулю. Эти суммы импульсов, как бы ни происходило реальное распределение скоростей и масс тел, всегда универсально сходятся в нуле. Сравним процессы:



векторно показывающие разные результаты столкновений в системе центра масс. Несмотря на существенную разницу этих результатов, сумма импульсов действительно всегда одинакова и точно равна нулю. Если



сталкивающиеся тела слипаются, то график импульсов после столкновения вообще выглядит как математическая точка. Очень точна здесь следующая аналогия: сумма противоположных чисел числовой оси всегда равна нулю:
Эти рассуждения позволяют заподозрить, что знаменитый закон сохранения импульса – всего лишь тавтологическое отражение симметрии противоположно направленных векторов. Ведь гораздо более содержательным было бы изучение не суммы векторов, а их разности. Для числовой оси разность чисел одного модуля покажет не просто симметрию расположения целых чисел, вытекающую из самой природы этого ряда с

нулём посередине, а реальный интервал
между этими числами. Разница векторов сближающихся тел покажет степень несовпадения собственных покоящихся систем координат (НСК) этих тел, а разница в направлении и величине векторов после столкновения отразит степень изменений в новой координации столкнувшихся тел.

Итак, более важны и содержательны отношения

$$\boldsymbol{m}\mathbf{v} - \boldsymbol{MV}; \text{ и } \boldsymbol{m}\mathbf{v} - \boldsymbol{m}\mathbf{v_1}; \ \boldsymbol{MV} - \boldsymbol{MV_1}$$

Однако эти разности вряд ли будут сохраняться с той же степенью точности, что и их тавтологические суммы!

Какие сведения даст нам исследование разности векторов **mv**? Вернемся к анализу пяти опытов, описанных на с. 15, и рассмотрим случай, когда малый шар (***m***) промчался через отверстие в большом (**M**), не задев его. Разница импульсов $\boldsymbol{m}\mathbf{v} - \boldsymbol{MV}$, где $\boldsymbol{MV} = -\boldsymbol{m}\mathbf{v}$, даст $2\boldsymbol{m}\mathbf{v}$. Это начальный уровень несовпадения систем координат данных тел. До столкновения он максимален и никогда не может быть превышен без вмешательства постороннего движения. Это закон природы. После «столкновения» разница импульсных векторов осталась неизменной, т.е. результат контакта нулевой.

Если малый шар зацепил-таки неровности отверстия в большом (второй опыт), разница импульсов уменьшится: $\boldsymbol{m}\mathbf{v_1} - \boldsymbol{MV_1} < \boldsymbol{m}\mathbf{v} - \boldsymbol{MV}$. Разность $(\boldsymbol{m}\mathbf{v} - \boldsymbol{MV}) - (\boldsymbol{m}\mathbf{v_1} - \boldsymbol{MV_1})$ покажет степень сближения систем координат этих тел. Максимальное сближение возможно, если малый шар застревает в большом (третий опыт). Тогда $\boldsymbol{m}\mathbf{v_1} - \boldsymbol{MV_1} = \mathbf{0}$, где количественный показатель сближения становится равным $2\boldsymbol{m}\mathbf{v}$ (или $2\boldsymbol{MV}$). При абсолютно упругом столкновении (пятый опыт), когда $\boldsymbol{m}\mathbf{v_1} = -\boldsymbol{m}\mathbf{v}$, а $-\boldsymbol{MV_1} = -\boldsymbol{MV}$, разность $(\boldsymbol{m}\mathbf{v} - \boldsymbol{MV}) - (\boldsymbol{m}\mathbf{v_1} - \boldsymbol{MV_1})$ снова превращается в нуль – результат контакта нулевой, хотя и зеркально перевернутый в сравнении с первым случаем. В большинстве же реальных опытов упругих контактов (наподобие четвертого) разность импульсов $\boldsymbol{m}\mathbf{v_1} - \boldsymbol{MV_1}$ становится меньше начальной, что показывает: покоящиеся системы координат тел после столкновения несколько сближаются.

Теперь выразим важную мысль. Результатом столкновения часто является изменение (уменьшение) взаимной скорости движения тел, показывающее, что первоначальный уровень НСК меняется в сторону их сближения. Почему именно сближения? По той же, видимо, причине, что и одностороннее возрастание энтропии. Однако если изменяется уровень несовпадения координат, значит, что-то существенное должно происходить внутри тел! Это и происходит: часть разницы уровней ведёт к увеличению степени несовпадения

систем координат у соседних молекул вещества, до того довольно спокойно колебавшихся друг около друга. Подобный эффект мы называем прирастанием внутреннего тепла (сопутствующие явления: деформация внешних и внутренних структур, нарастание или ослабление внутреннего трения, изменение агрегатного состояния, акустическое колебание фрагментов тел). Чем больше сглаживается разница внешних систем координат макротел, тем больше нарастает разница систем координат во внутреннем движении молекул, что проявляется как повышение температуры тел, изменение их агрегатных состояний, деформация кристаллической структуры и т.д.

Традиционная механика описывает эти эффекты языком превращения кинетической энергии в тепловую и проч. Но вполне возможен и другой язык, в котором «не прибавляется сущностей сверх необходимого» (Оккам).

Читатель уже заметил, что уровень несовпадения систем координат можно и нужно измерять (причем в единицах импульса, о чем подробнее скажем ниже). Это важнейший параметр механических взаимодействий. Величина НСК аддитивна, так как разница координатных систем макротел в конечном счете формируется разницей, существенной для молекул сталкивающихся тел. Следовательно, уменьшение разницы между макротелами как цельными объектами компенсируется соответствующим увеличением ее на молекулярном уровне. Даже в наиболее упругих столкновениях волна векторного молекулярного сжатия отвлекает часть разницы на внутреннее движение. Поэтому после столкновения скорость разлета всегда меньше скорости сближения. Неуклонное возрастание энтропии, угроза тепловой смерти Вселенной – также результат постепенного выравнивания систем координат сталкивающихся макротел.

Предельно возможное падение объема движения $\Delta \boldsymbol{Y}_{\mathbf{шах}}$, соответствующее полному выравниванию систем координат сталкивающихся тел, описывается формулой

$$\Delta\, Y_{\max} = 2\frac{umM}{m+M}$$

Этой величиной и определяется нижний уровень закона сохранения движения.

Интересно проанализировать данную формулу. При сближении масс $\boldsymbol{m}$ и $\boldsymbol{M}\Delta \boldsymbol{Y}_{\mathbf{шах}}$ стремится к $\mathbf{v_0 m}$ или $\mathbf{v_0}\boldsymbol{M}$. Если же масса $\boldsymbol{M}$ неизмеримо больше $\boldsymbol{m}$, то $\Delta \boldsymbol{Y}_{\mathbf{шах}}$ тяготеет к $2\mathbf{v_0}\boldsymbol{m}$. При нарастании различий в массах $\boldsymbol{m}$ и $\boldsymbol{M}$, превращение внешнего движения в тепло всё более определяется меньшей массой. Однако большая масса стремится в сумме удвоить потерю

движения меньшим телом. Это и понятно. Затормозившись от $\mathbf{v_0}$ до нуля, маленькое тело (в системе центра масс) теряет весь свой импульс $\boldsymbol{mv_0}$, но симметрично в большом теле распространяются тепловые процессы с равной величиной $\boldsymbol{-mv_0}$.

Для иллюстрации закона сохранения импульса часто приводят такой пример. Пуля массой $\boldsymbol{m = 0{,}01}$ *кг* на скорости $\mathbf{v = 600}$ *м/с* врезается в деревянный брусок массой $\mathbf{M = 2{,}99}$ *кг* и застревает в нем. Брусок приобретает скорость в направлении движения пули

$$V_1 = \frac{mv}{m+M} = 2\ м/с\ .$$

Закон сохранения импульса действует безотказно:

$$\boldsymbol{mv + MV = mv_1 + MV_1 = 600\cdot 0{,}01 + 0 = 0{,}01\cdot 2 + 2{,}99\cdot 2}\ ,$$

и кажется, что движение не теряется – оно лишь распределяется на оба тела.

Но изменим исходные данные, полагая, что мы наблюдаем столкновение пули с бруском в системе центра масс, Здесь скорость

$v_0 = \frac{Mu}{m+M} = 598\ м/с\ ;\ V_0 = -\frac{mu}{m+M} = -2\ м/с\ .$ Двигаясь на-

встречу друг другу с такими скоростями, оба тела остановятся, замрут в точке О. Сам по себе закон сохранения импульса и здесь будет строго соблюден, ибо $\boldsymbol{mv_1 + MV_1 = 0{,}01\cdot 598 + 2{,}99\cdot(-2) = 0}$.Но теперь хорошо что исходное движение, существовавшее по отношению к точке центра масс, потерялось, обратилось в нуль.

Наша формула $\boldsymbol{Y_{max} = 2\frac{mM(u-u_1)}{m+M} = 11{,}96\ (кг\cdot м)/с}$

Покажет и численное значение этой потери. **(**Конкретно: пуля потеряла $\boldsymbol{|\ mv_0\ | = 0{,}01\cdot 598 = 5{,}98\ (кг\cdot м)\ /с\ ;}$ брусок $\boldsymbol{|\ MV_0\ | = 2{,}99\cdot 2 = 5{,}98\ (кг\cdot м\ )/с.}$ Сумма потерь – **11,96** ***(кг·м)/с.*****)**

Этот опыт весьма показателен, ибо лабораторная система координат (с $\boldsymbol{V = 0}$) маскирует реальную потерю движения. Но ведь именно эти **11,96 (** ***кг·м)/с*** пошли на тепловой разогрев пули, деформацию волокон бруска и проч.!

Условность величины импульса в лабораторной системе координат иллюстрируется следующим примером. Оказывается, можно неограниченно наращивать исходный импульс! Положим, мы существуем в мире абсолютно упругих столкновений (традиционная физика их также не отвергает в качестве идеальных примеров). На

покоящийся в своей системе координат больший шар направляем со скоростью **v** шар меньшей массы. После столкновения большой шар начинает двигаться в направлении малого, причем приобретенный им импульс, как правило, по величине больше того, каким располагал малый. Рассчитаем, например, результат лобового столкновения двух очень упругих шаров с массами ***m* = 1 *кг*, *M* = 4 *кг*** и скоростью налетающего шара **v = 10 *м/с*** (при ***V*= 0**). Из формулы

$$V_1 = \frac{m(2v - V) + MV}{m + M}$$

получим $V_1 = 4$ ***м/с*.** Таким образом, исходный импульс ***m*v = 10 (*кг·м*)/*с*.** Импульс, приобретенный большим шаром, $MV_1 = 16$ ***кг·м)/с*.** Закон сохранения сумм импульсов, конечно, действует, ибо малый шар оттолкнется от большого с обращенной скоростью

$$v_1 = \frac{M(2V - v) + mv}{m + M} = -6\ м/с.$$

Сумма импульсов $mv_1 = -6$ ***(кг·м)/с*** и $MV_1 = 16$ ***(кг·м)/с*** и образует исходную величину **10 *(кг·м)/с*.** И тем не менее в системе координат большого шара импульс **10 *(кг·м)/с*** порождает импульс **16 *(кг·м)/с***. Этот факт позволяет наметить идею двигателя, в котором поступательный импульс мог бы наращиваться практически неограниченно. Для этого достаточно' было бы расположить в ряд много упругих тел в порядке возрастания их масс и самое маленькое из них направить на ближайшего соседа. Организуется волна соударений. С каждым новым столкновением импульс очередного тела в системе координат всех покоящихся тел будет выше, чем в предыдущем случае.

В самом деле, скорость, развиваемую большим телом из состояния покоя (V=0) можно описать формулой $V_1 = \frac{2mv}{m + M}$, что соответствует импульсу $p_1 = \frac{2mMv}{m + M}$ (интересно, что этой же формулой определяется максимально возможная трансформация внешнего движения в тепло при слипании соударяющихся тел!). Новое значение импульса большого тела P_1 при значительной разнице масс ***m* и *M*** стремится к **2*p*.** (Даже при значениях $m = 1$ *кг*, $M = 9$ *кг*, $v = 10$ *м/с* скорость $V_1 = 2$ ***м/с*** , *а* импульс $P_1 = 9 \cdot 2 = 18$ ***(кг·м)/с*** в сравнении с $p = 1 \cdot 10 = 10$ ***(кг·м)/с*** **.** Прослеживается экспоненциальный закон, согласно которому любое очередное увеличение массы M_n в 9 раз будет сопровождаться повышением величины импульса в 1,8 раза. Так, при соударении очередного тела с массой $M_n = 3{,}5 \cdot 10^9$ ***кг*** его импульс достигнет значения 3570 ***(кг·м)/с***, т.е. возрастет в 357 раз!). Подобный эф-

фект «накачки» импульса мало затрагивается в физической литературе и может показаться кому-то невероятным. Судите сами: чтобы сообщить телу массой **3,5· 10^9** кг скорость $V_n = 1{,}024 \cdot 10^{-6}$, которая возникнет в конце цепи, необходимо передать ему именно 3570 ***(кг·м)/с*** импульса, для чего реактивный двигатель с тягой **100 *Н*** должен работать 35,7 с. Этот же эффект достижим, если в систему покоящихся 10 тел, каждое из которых в 9 раз массивнее соседей, запустить шар массой 1 *кг* со скоростью **10 *м/с.*** Для разгона такого шара реактивный двигатель с тягой **100 *Н*** затратит только **0,1*с* !**

Кажущийся парадокс легко объясним, если помнить, что импульс сам по себе – величина математическая, условная по отношению к разным системам координат. И если мы зеркально перевернем ситуацию, многое станет привычным. Большое тело двигается с малой скоростью и ударяет меньшее тело. То отскакивает по ходу перемещения со скоростью заметно большей (при сильном перепаде масс скорость отталкиваемого малого приближается к удвоенной скорости большого – **2*V*)**. После n-го числа таких удвоений скорость последнего шара цепи становится довольно большой. Но так как масса тел падает быстрее, то импульс стремительно уменьшается (в предшествующем зеркальном опыте он, напротив, увеличивался, что теперь не выглядит столь удивительным).

Может быть, кто-то начнет обдумывать идею создания двигателя, наращивающего импульс почти что «из ничего». Однако идеи эти вряд ли напрямую могут воплотиться, ибо для этого нужны абсолютно упругие столкновения, которые на практике недостижимы. Есть и другие технические сложности. Тем не менее сама ситуация «наращивания импульса» дает себя знать в других физических явлениях, о которых речь ниже.

Знание объема движения, переходящего в тепло (Q), позволяет рассчитывать скорости тел после контакта. Если потерь механического движения нет, как в абсолютно упругом столкновении, то скорость разлета равна скорости сближения и определяется формулами

$$V_1 = \frac{m(2v - V) + MV}{m + M}; v_1 = \frac{M(2V - v) + mv}{m + M}.$$

Однако если известно количество движения, трансформированного в тепловые и прочие эффекты, то формулы должны быть скорректированы:

$$V_1 = \frac{m(2v - V) + MV}{m + M} - \frac{Q}{2M};\ v_1 = \frac{M(2V - v) + mv}{m + M} + \frac{Q}{2m}.$$

Наоборот, из реальных скоростей разлета можно вывести объем движения, перешедшего в тепло:*

$$Q = \frac{2M\ [m(2v - V) + MV\ ]}{m + M} - 2MV_1 =$$

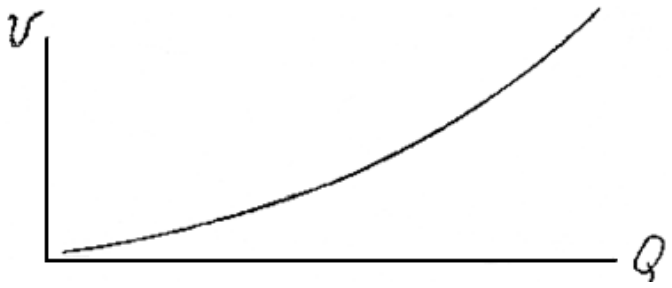
$$= 2mv_1 - \frac{2m\ [M(2V - v) + mv\ ]}{m + M};$$

$$Q = 2M\ [\frac{m(2v - V) + MV}{m + M} - V_1\ ] =$$

$$= 2m\ [v_1 - \frac{M(2V - v) + mv}{M + m}\ ].$$

Величина Q сложным образом зависит от многих условий. В их числе упругость материала; форма тел; площадь сталкивающихся поверхностей; скорость встречи; массы; особенности внутреннего строения вещества и самих тел; угол контакта к направлению векторов собственных движений тел и др. Причем зависимости здесь отнюдь не линейные. Скажем, процент превращения механического движения в тепло повышается в зависимости от скорости контакта. Например, при малой скорости даже пластилиновые шарики не слепятся, а могут упруго разойтись. И наоборот, на огромных скоростях даже медные шары да еще значительной массы могут намертво влипнуть друг в друга. Процент превращения движения в тепло повышается в зависимости от роста масс или от уменьшения площади контакта.

Вспомним, что величину так называемой кинетической энергии описывают в квадратичной зависимости от скорости (***E*** **=** ***m*****v^2/2**). Это в определенной мере соответствует опытам, ибо график потерь механического движения нелинеен и в своей нижней части сближается с параболой:



Другое дело, чем вызвана нелинейность графика? Обычно говорят,

* Для положительных v или v > V.

что именно квадратичной зависимостью механической энергии от скорости, но реальных причин так много, что одной квадратичной зависимостью от скорости здесь все равно не обойтись. Мы еще вернемся к феномену механической энергии и попытаемся показать ее фиктивный характер.

Маскирует исследование тепловых превращений и сложность учета внутренних молекулярных движений. Одни из них определяются повышением температуры, другие – деформациями в веществе контактирующих тел, третьи – сложными акустическими эффектами, четвертые – усилением или ослаблением внутреннего трения, пятые – консервированием определенных порций движения в замкнутых упругих контурах (об этом ниже).

Выразить все эти явления на языке количественных преобразований внешнего движения во внутреннее пока очень трудно. Но не менее трудно точно измерить повышение температуры нагревшихся от столкновения тел. Во-первых, оно различно для всех точек тела и сложным образом зависит от строения, формы, массы, агрегатного состояния, уже имеющейся температуры, расстояний до ближайших точек контакта и до крайних точек тела. Пока ни один компьютер не может ни замерить, ни рассчитать мгновенную температуру и мгновенное изменение температуры всех молекул тела или его материальных сегментов. А равновесно-усредненная температура отражает тепловые эффекты очень смазанно, и ее значения нетрудно притянуть к любому графику (в том числе и параболическому, отражающему «энергию» по формуле $\boldsymbol{E = mv^2/2}$).

Из соотношения $Q = \frac{mM(u - u_1)}{m + M}$, описывающего переход внешнего движения во внутреннюю тепловую форму, и из соотношения

$Y = \frac{mMu}{m + M}$ (где $\boldsymbol{u}$ – относительная скорость тел на момент контакта),

описывающего меру несовпадения собственных покоящихся систем координат двух тел (НСК), вытекает размерность $\boldsymbol{mv}$, которую принято называть импульсом или количеством движения.

В системе СИ размерность количества движения выразится через $\boldsymbol{p = mv = 1}$*кг* $\cdot \boldsymbol{1}$*м/с* = 1 ***(кг·м)/с*** **.** Назовем эту единицу количества движения «дэв» (сокращение от «динамический эффект по параметру времени»; $\boldsymbol{1}$***дэв*** $\boldsymbol{= 1}$ ***(кг·м)/с***). Далее этой величиной можно будет измерять все основные механические процессы. Результаты механических контактов тел, описанные в единицах импульса (дэв), не будут ни в коей мере зависеть от выбора той или иной лабораторной системы координат.

В единицах импульса удобно измерять и приращение движения, наблюдающееся в результате механической передачи. Здесь удобна формула $\Delta \boldsymbol{p} = \boldsymbol{m}\Delta\mathbf{v}$, наиболее наглядно отображающая существо этой размерности.

Переход части НСК во внутреннюю молекулярно-тепловую форму хорошо иллюстрируется механическими моделями. Приведем три из них.

Опыт 1. Сталкиваются два одинаковых полых цилиндра малой массы (очень тонкостенных), в каждом из которых помещен металлический шарик массой **m**. До столкновения шарики покоятся внутри цилиндров, хотя вместе с последними они двигаются навстречу друг другу. В момент столкновения цилиндры сцепляются замком и замирают в точке О. Летящие же по инерции шары начинают совершать внутри цилиндров колебательные движения, отталкиваясь попеременно от их передних и задних стенок.

Пусть в конкретном опыте один цилиндр покоится, другой налетает на него со скоростью **v.** Наблюдатель видит, что цилиндры с начинкой ведут себя как два цельных макротела. Если бы не было замка, налетающий цилиндр остановился, а покоящийся приобрел бы скорость **v** в направлении движения первого. Однако действие замка не дает цилиндрам разъединиться, и они далее движутся как одно целое. Скорость тандема $\mathbf{v_1} = \boldsymbol{m}\mathbf{v}/\boldsymbol{2m} = \mathbf{v}/\mathbf{2}$. Закон сохранения импульса, разумеется, не нарушается, ибо $\boldsymbol{m}\mathbf{v} + \mathbf{0} = \boldsymbol{2m}\cdot\mathbf{v}/\mathbf{2}$.

Заглянем теперь внутрь цилиндров. Находящиеся в них шарики будут совершать колебательные движения, все время сталкиваясь со стенками тандема. Их взаимное сближение и удаление будет характеризоваться, скоростью, близкой к **v** (конечно, в идеале – вне трения и сопротивления среды). Таких шариков внутри цилиндров может быть много – но все они будут совершать колебательные движения, в идеале не теряя скорости контакта **v**. Получается: цилиндры как макротела скорость контакта **v** полностью потеряли, зато находящиеся внутри них шары ее сохранили в полном соответствии с нашей формулой $Q = 2\frac{m^2u}{2m} = mu$.

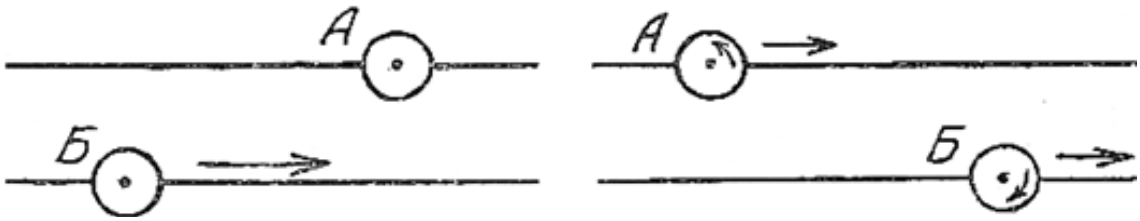
Сохранившийся взаимный импульс скрытых от наших глаз внутренних шаров можно вычислить через создаваемый ими акустический эффект по формуле $\boldsymbol{p} = \boldsymbol{4\nu mr}$, где $\boldsymbol{\nu}$ – частота колебаний (столкновений) шаров; $\boldsymbol{r}$ – радиус их колебательного движения, равный половине длины цилиндров.

Опыт 2. Сталкиваются две лежащие горизонтально шайбы, внутри

которых есть круговые желобки с покоящимися или вращающимися по ним шариками общей массой ***m***. Пусть одна шайба со скоростью **v** налетает на покоящуюся другую и сцепляется с ней замком. Далее шайбы движутся как единое целое макротело со скоростью **v/2**. Видимое взаимное сближение шайб здесь также упразднилось, зато во всей полноте оно сохранилось для спрятанных внутри шаров. Если эти шары покоились, то они начнут вращаться с взаимными скоростями сближения, в максимуме достигающими исходного ***v***. Если шарики уже вращались с относительными скоростями сближения и удаления ***u*** (в максимуме их фаз), то их движение ускорится до скорости ***v + u***.

Перешедший в круговое движение шаров импульс первоначального поступательного перемещения можно также рассчитать на основе колебательного эффекта по формуле $p = 2\pi\nu mr$, где ν – частота вращения; r – радиус круговой орбиты.

Опыт 3. Сближаются по параллельным рельсам два свободно вращающихся на оси шара массой ***m***. В момент контакта они фрикционно касаются друг друга, приобретая встречное вращательное движение:



Положим, как и в первых двух случаях, что один из шаров – **А** – покоится (и на рельсе, и на оси), а второй – **Б** – движется ему навстречу со скоростью **v**. После контакта шар **А** приобретает скорость v_{A_1} а шар **Б** – скорость $v_{Б_1}$, причем оба начнут вращаться на своей оси. Здесь удобнее конкретный численный результат. Массы шаров $m = 1кг$, скорость $v_Б = 10$ *м*/**с**, скорость $v_{A_1} = 3$ *м*/**с**, скорость $v_{Б_1} = 7$ *м/с*. Закон сохранения импульса в его традиционном виде выполняется как $mv_Б + 0 = mv_{A1} + mvБ_1$, хотя относительная скорость движения шаров уменьшается до $|v_{Б1} - v_{A1}| = 7 - 3 = 4$ м/с.

Возникает вопрос: если суммарный поступательный импульс системы шаров сохранился, откуда взялось их вращательное движение? Из формулы

$$Q = 2\frac{Mm\,(v - v_1 - V + v_1)}{m + M} = m\,(v_Б - v_{Б1} + v_{A1})$$

следует, что поступательные движения как раз и трансформировались во вращательное движение шаров, чего традиционная механика как бы не замечает.

Внешне макротела А и Б в результате контакта стали удаляться друг от друга со скоростью, заметно меньшей скорости начального сближения, но потеря НСК почти полностью (без учета трения) трансформировалась во вращательное движение шаров. Как и в предыдущих случаях, этот вращательный импульс можно вычислить через акустический эффект по формуле $\boldsymbol{p = 4/5\pi\nu mr}$, где $\boldsymbol{\nu}$ – частота вращения; $\boldsymbol{r}$ – радиус шаров.

Все три приведенные формулы можно обобщить: $\boldsymbol{p= k\nu mr}$, где $\boldsymbol{\nu}$ – частотная характеристика внутренних процессов; $\boldsymbol{k}$ – безразмерный коэффициент, зависящий от типа внутреннего движения (поступательного, орбитального, вращательного) и от формы сталкивающихся тел. Все они могут служить моделями скрытых тепловых движений атомов и молекул внутри макротел. Огромное количество атомов и молекул не меняет сути дела, ибо вектор столкновения заставляет всех их действовать в одном направлении (только по прошествии какого-то времени векторное движение превращается в хаотическое тепловое). Эти атомно-молекулярные трансформации движений при контактах макротел невозможно увидеть, но они прекрасно идентифицируются через повышение температуры, деформации, акустические эффекты – все, что мы привыкли отождествлять с внутренними молекулярно-тепловыми процессами!

Модели эти очень точные, ибо тепловое поведение молекул также связано с усилением колебательных, орбитальных, вращательных движений атомов, молекул, элементарных частиц. Усредненным показателем этих внутренних движений выступает идея повышения тепла, а измерение ведется с помощью шкалы температур.

Новая трактовка механизма столкновений ведет к радикальному пересмотру многих процессов передачи механического движения.

СВОЙСТВА РЕАКТИВНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДВИЖЕНИЯ

Теория реактивного движения, созданная И.В.Мещерским и К.Э.Циолковским, на сегодняшний день базируется на том, казалось бы, очевидном утверждении, что чем с большей скоростью истекают газы из сопла, тем большую скорость обретает реактивный снаряд. В свою очередь, это умозаключение выводится из аксиомы о сохранении суммарного импульса «ракета – газы».

Сам закон сохранения импульса целого для суммы импульсов частей системы не вызывает сомнения, ибо в основе его лежит принцип аддитивности импульса, возможность подсчета суммарной величины по сумме импульсов всех частей или даже отдельных молекул вещества и уже рассмотренная симметричность механических взаимодействий. И если бы ракета раскололась на куски, то сумма импульсов, подсчитанных по отдельным траекториям, действительно равнялась бы исходному целому количеству движения. Однако горение топлива в двигателе – это высвобождение новых порций импульса, которые вовсе не входят в первоначальную систему «ракета – масса топлива». Движение ракеты осуществляется только в результате микротолчков ее корпуса бесчисленными молекулами раскаленных газов. Не стоит смущаться тем, что газы давят и па боковые стенки, хотя ракета в этих направлениях не движется. Зато они абсолютно не давят на область сопла, свободно вырываясь в открытое пространство. Этого перепада давлений как раз хватает на разгон ракеты именно в противоположном ориентации сопла направлении.

Человек сам мог бы побыть какое-то время «реактивной молекулой», чтобы увидеть механизм реактивной передачи движения. Представим, что космонавт осторожно вышел за борт корабля. Упершись о корпус и резко разогнув руки или ноги, космонавт наберёт некоторую скорость, одновременно с этим немного сдвинется и космический корабль (приобретя скорость, во столько раз меньшую, чем космонавт, во сколько раз масса его больше массы космонавта – в этом также сработает закон сохранения суммарного импульса системы). Но космонавт может набрать эту же скорость и другим путем, например, подтянувшись на канате, протянутом от другого корабля. В этом случае человек тоже покидает борт корабля, хотя корабль теперь нисколько не изменит своих пространственных характеристик. Значит, все-таки нужен толчок, а не просто взаимное удаление тел. Молекула, покидающая сопло и не успевшая толкнуть хотя бы раз другую молекулу в направлении движения корабля, бесполезна для реактивной передачи движения.

Ускорение ракеты под действием раскаленных газов реактивного двигателя можно пояснить следующим образом. Представим, что в заднюю стенку ракеты с постоянной скоростью v (относительно корпуса) бьют маленькие упругие шарики массой m. Согласно второму закону Ньютона, после каждого такого удара ракета массой M получает прирост скорости в направлении удара, равный

$$\Delta V = \frac{m(2V - v) + MV}{m + M}.$$

Шарик при этом отскакивает назад со скоростью

$$v_1 = \frac{M(2V - v) + mv}{m + M}.$$

При нулевой начальной скорости ракеты прибавка будет составлять

$$\Delta V = \frac{m(2v - 0) + 0}{m + M} = \frac{2mv}{m + M}.$$

После n ударов $\Delta V = \frac{2mv}{m + M}\, n$. (Примем пока массу ракеты M постоянной.) Заменим теперь шарики молекулами газа. Полной аналогии, правда, не 'получится, так как в струе газа только примерно половина молекул будет бить в стенку, в то время как другая будет свободно вырываться из сопла, не оказывая никакого толкающего действия. Если массу ***m*** отдельной молекулы выразить через единицу, то масса M будет числом молекул $\frac{M}{m} = |M|$. Число молекул, ударившихся о стенку, выразим через N/2. Тогда формула прироста скорости ракеты станет

$$\Delta V = \frac{2mvN}{(m + M)\cdot 2} = \frac{mvN}{m + M},$$

Величина $m = 1$ пренебрежимо мала в сравнении с M и её можно сократить. Тогда скорость $\Delta V = v\frac{N}{M}$.

Интересно, что если в топке двигателя сгорит N горючего, равное M, то приобретённая скорость ракеты сравнится со скоростью **v**: $V_1 = v\frac{N}{M} = v$. Эффект такой же, как если бы на скорости M в ракету врезалось бы тело одинаковой с ней массой. Но это – если бы масса ракеты оставалась неизменной. В реальных же условиях масса M уменьшается по мере выгорания горючего (– N) . Тогда прирост скорости ΔV можно выразить через сумму

$$\Delta V = \Sigma\left(\frac{mv}{m + M} + \frac{mv}{M} + \ldots + \frac{mv}{M - N}\right) =$$

$$= mv\,[\,lnM - ln(M - N)\,] = mv\cdot\ln\left(\frac{M}{M - N}\right).$$

Массу одиночной молекулы мы приняли за единицу. Следователь-

но, ракета ускорится до $V_1 = v \cdot \ln\left(\frac{M}{M-N}\right)$. Последнее выражение есть не что иное, как формула Циолковского.

Подобный анализ делает наглядным процесс реактивной передачи движения. Во-первых, она одной природы с упругими столкновениями. Во-вторых, вырывающаяся из сопла струя сама по себе не является причиной ускорения, как это описывают физические трактаты. Это лишь следствие двух независимых процессов: 1) свободного истечения части молекул, направленного в сторону сопла от места сгорания, которое вообще не участвует в разгоне ракеты, и 2) обращенного движения молекул газа, получающих после столкновения с неизмеримо большей массой ракеты противоположно направленную скорость, близкую – v. И только последний процесс рождает ускорение реактивных снарядов!

Сама же формула Циолковского с некоторыми экспериментальными поправками хорошо опишет изменение скорости ракеты в космосе в связи со сгоранием конкретного количества топлива. Так, если первоначальная масса ракеты M = **10** m, израсходованное топливо N = **8 т** со скоростью истечения (средней скорости толчков) **v = 3000 м/с**, то

$$\Delta V = v \cdot \ln\left(\frac{M}{M-N}\right) = 3000 \cdot \ln\frac{10}{2} = 4828\ м/с.$$

ПЕРЕДАЧА ДВИЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЕМ

Поясним механизм передачи движения, которым пользуемся мы, люди Земли. Чтобы придать скорость мячу, мы бьем его рукой, ногой, головой или палкой. Хороший упругий мяч при этом развивает, как известно, скорость, близкую к **2** V, где V – скорость контакта (равносильная скорости удара по неподвижному мячу). Однако, чтобы сдвинуть груз значительно большей, чем тело человека, массы, способ удара уже малопригоден. Ведь большая часть импульса при таком ударе будет возвращена нам назад, а это равнозначно тому, чтобы колотить самого себя. Сдвинуть вагонетку или автомобиль можно давлением рук, ног или плеч. Что происходит при этом?

Приложим ладонь к перекладине вагонетки. Молекулы ладони и вагонетки начинают обмениваться колебательными движениями, что ощущается нами как прикосновение. Приложив усилие, мы стремимся этот хаотический обмен импульсами сделать векторно направленным. В тот миг, когда, передняя шеренга молекул руки оттолкнет встреченные ею молекулы вагонетки, последние, на-

ткнувшись на внутренние слои молекул, пойдут в противоположную сторону и толкнут молекулы ладони, передавая в обе стороны волну молекулярного сжатия. В случае удара импульс передается одномоментно, упруго отбрасывая назад ладонь. Но давление состоит в другом. Оно не позволяет молекулам ладони отскочить, а тут же возвращает их назад к новым и новым столкновениям. Созданная в веществе вагонетки волна сжатия распространяется на весь объем ее вещества и как только достигает последней (наиболее удаленной) молекулы – происходит изменение пространственных координат, вагонетки как целого, т.е. начинается движение.

В земных условиях действию давления, создаваемого ладонями, препятствуют трение, сопротивление воздуха, отчего видимый результат усилий не очень значителен. Если бы такие порции движения можно было бы передавать в открытом космосе, то разогнать вагонетку можно было бы проще. Но и в этом случае останется та минимально пороговая величина импульса, которая хотя и передается, но не в состоянии достичь последней молекулы вагонетки, растворяясь в тепловых движениях вещества ***(q).***

Другое дело, что в космосе человек практически не в состоянии передать ощутимую долю импульса массивному телу. Мускульная система человека работает по принципу сжатой или растянуто* пружины - а распрямившаяся пружина теряет способность передавать движение. Поэтому космонавт, резко разгибая мышцы ног или рук, отталкивает космический корабль, но передвигает при этом и своё собственное тело, причем скорость, достигнутая космонавтом, будет во столько раз больше, во сколько его масса меньше массы ракеты. При значительном превосходстве массы ракеты космонавт разгонит фактически только сам себя, почти не сдвинув с места космический корабль.

Для описания подобной передачи движения удобно применит формулы столкновений в их обращенном варианте (четвертый и пятый опыты – см. с. 15).

Усилия космонавта по созданию движения в космосе могут быть более заметны, если он расположится между двумя объектами, покоящимися друг около друга на таком расстоянии, чтобы между ними можно было поместиться в согнутом виде. Распрямляясь, космонавт отталкивает в разные стороны эти тела, придавая ил скорости, обратно пропорциональные их массам (**v= *p/m)***. Если один из объектов очень массивен, то волновой процесс сжатия может не дойти вовремя до последней молекулы его вещества и объект этот останется неподвижен. Тогда почти весь объем движения будет

передан второму (менее массивному) телу. Единственное, чего следует опасаться, это возвратное движение, воздействующее от массивного тела на самого космонавта, который получит известную долю скорости и, не будучи закреплен фалом, может навеки улететь от космической станции.

В земных условиях роль массивного тела и функцию жесткого фала выполняет наша планета. Хочется поспорить с весьма распространенным мнением о механизме ходьбы и прыжков – этих главных в нашей жизни источников движения. Во всех популярных книгах по механике пишут о феномене, вытекающем из третьего закона Ньютона: «Усилие, с которым человек отталкивает Землю, равно усилию, с которым Земля толкает в противоположном направлении человека». Так, мол, действует механизм ходьбы или прыжков. Правда, время от времени у обучающихся физике возникает парадокс «телеги и лошади» (усилие, с которой лошадь тянет телегу, должно быть в точности равно усилию, с которым телега тянет лошадь, но в противоположном направлении. Из этого тезиса не понятно, почему же телега все-таки движется?). Впрочем, у физиков есть остроумные приемы снятия подобного парадокса.

Прежде всего, давайте уточним: если человек «толкает» Землю, это вовсе не значит, что Земля в отместку «толкает» человека. Прыгните вниз с безопасной высоты – разве почва отталкивает вас? Нет, вы застываете на месте. Ударьте ногой скалу – разве нога отскакивает как теннисный мячик? Конечно, как во всех случаях контакта, телу человека, соприкоснувшемуся на скорости с почвой, передается доля возвратного движения. Однако оно не может в должной мере реализоваться из-за притяжения, ускорение которого нейтрализует ускорение возвратного движения. Это так же, как при столкновении магнитов: обычные металлические бруски при столкновении с умеренной скоростью обязательно упруго отскакивают друг от друга, магниты же сцепляются «мертвой хваткой». Только сравнительно большая скорость падения (скажем, 10 *м/с)* на плотный грунт заставляет тело немного подпрыгивать. В чистом виде «толчок за толчок» можно получить разве только в открытом космосе при очень малой величине гравитации. Именно здесь, неосторожно топнув ногой, вы рискуете навеки удалиться от мест обитания человека.

Как же все-таки мы движемся по Земле? Совершая прыжок, мы уподобляемся сжатой пружине, которая, расправляясь, толкается в обе стороны, т.е. предварительно поджатые ноги быстро расправляются, ускоренно поднимая центр тяжести тела вверх и подавая его

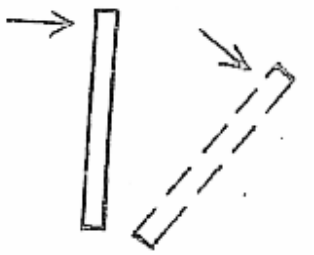
вперед. Набрав таким образом скорость, человек по инерции пролетает определенное расстояние. Обязательно ли при таком способе движения наличие Земли или какого-то другого объекта? Несомненно. Представим, что сжатая пружина разжалась, лежа на столе. Скорость, достигнутая одним ее концом, полностью компенсировалась точно такой же скоростью другого конца, и как целое пружина осталась на месте. Так же и человек, покоясь в открытом космосе, может сколь угодно долго с силой расправлять ноги, но поступательную скорость он не разовьет, ибо уходящие к голове и к пяткам импульсы симметричны и уравновешиваются. Другое дело, если в акте разгибания участвует массивное тело. Импульсы перестают быть симметричными, поскольку отталкивание посторонней массы сопряжено с передачей движения вовне, часть которого возвращается человеку, создавая вектор скорости. Значит, Земля все-таки «толкает» человека, но этот толчок – лишь некоторая часть возвратной доли импульса, в то время как половина общего импульса распрямленных ног сразу и целиком поступает на создание поступательной скорости верхней части тела. Понятно, что действие пружины в этом случае более производительно, чем однократное столкновение с почвой. Но оно сопряжено и с дополнительным движением мышц.

При ходьбе процесс передачи движения еще проще. Он напоминает в какой-то степени качение на спицах без обода (каждый шаг – подставление очередной спицы). Одновременно нога, зацепившись за грунт, подтягивает с помощью мышц центр тяжести тела вперед (или назад), придавая ему поступательную скорость. Далее инерционное движение тела само помогает переставлять ноги, уменьшая затраты на последующее подтягивание центра тяжести. Парадокса же «лошади и телеги» вообще не существует, ибо он следствие некорректно применяемого третьего закона Ньютона. Иными словами, телега никуда не «тянет» лошадь, ибо она не рождает движение. Другое дело, телега оказывает сопротивление своему насильственному перемещению (в основном за счет трения колес). Но только мышцы лошади создают движение путем сокращения и передают его всей массе лошади. Постоянное векторное давление молекул шеи на молекулы хомута, в свою очередь, передают движение и всей массе телеги, если, конечно, волна молекулярного сжатия ее вещества доходит до самой последней молекулы.

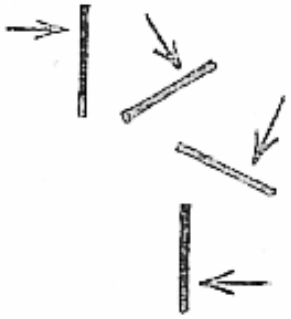
ПЕРЕДАЧА ДВИЖЕНИЯ РЫЧАГОМ

Рычажную передачу движения описывают обычно с помощью за-

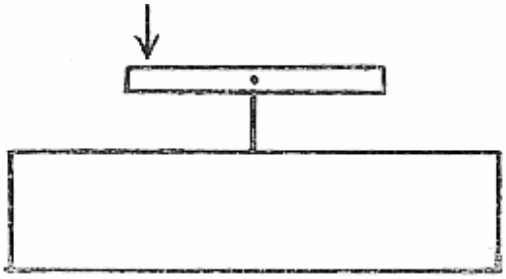
кона сохранения момента импульса, что удобно, но не вполне точно. Посмотрим на этот процесс другими глазами. Представим, что в невесомости (гравитация нам сейчас помеха) спокойно висит продолговатый жесткий предмет. Коснемся одного из его концов и начнем на него давить в любом перпендикулярном направлении:



Предмет (скажем, цилиндр), если он не слишком массивный и если давление достаточно, чтобы достигнуть крайних молекул, сдвинется и наберет какую-то скорость в направлении давления. Одновременно у него возникнет вращательное движение вокруг центра массы. Это и понятно. Давление с помощью волны молекулярного сжатия передается вплоть до самой отдаленной молекулы, которая из-за жесткости цилиндра также начнет приобретать поступательную в направлении давления скорость. Однако, пока волна сжатия достигнет последней молекулы на противоположном краю цилиндра, ее ближний край успеет получить большую долю движения – отсюда и вращательный момент:



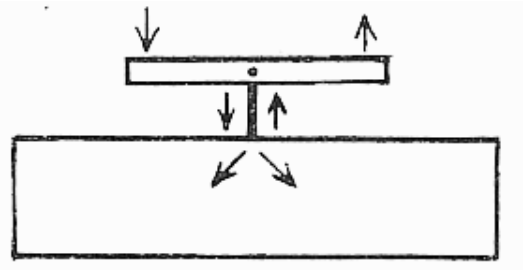
Теперь рассмотрим другую ситуацию. Цилиндр закреплен на жесткой оси, являющейся частью какой-то упругой массы (скажем, корпуса космического корабля):



Давление на один его конец распространяется волной по цилиндру, доходит до оси и идет далее двумя рукавами: к веществу ракеты и противоположному концу цилиндра. Если масса ракеты в сравнении с массой цилиндра небольшая, то волна молекулярного сжатия может достичь последней молекулы ракеты и та начнет приобретать некоторую долю поступательной (в направлении давления) скорости. Если же масса ракеты будет несравнимо большей, молекулярное сжатие в почти полном объеме (минус тепловые потери) будет возвращаться назад цилиндру, направляясь к его противоположным концам. Из формулы сохранения обращенного движения при $V= 0$ и $q=0$ следует:

$$mv + MV = m\,(2V - v_{in}) + MV_1;\ mv + 0 = m\,(0 - v_{in}) + 0;\ mv = -\,mv_{in},$$

т.е. количество движения $mv = p$, вкладываемое на одном конце цилиндра через неподвижную ось, связанную с большой и несдвигаемой массой, передается на другой конец, но с противоположным направлением $p_1 \approx - mv$, что вполне соответствует реальности:



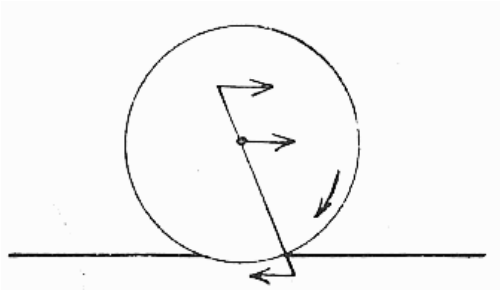
Особенностью рычажного механизма является то, что он вращается на закрепленной оси, причем каждый его сегмент (при сохранении жесткости) вращается со своей скоростью, пропорциональной длине от оси ***(I)***. Это накладывает дополнительные условия на передачу движения, когда надо учитывать, какая масса вещества рычага находится на том или ином расстоянии от оси. Точные значения рассчитываются путем интегрирования значений m и l. Объем возвратного движения $-vm$, складываясь по сегментам с прямо переданным движением, распределяется на всю массу рычага. Например, если прикладывать импульс к короткому и тонкому концу, то весь его объем уйдет на разгон в противоположном направлении толстого и длинного конца. При этом, чтобы разогнать длинный конец до скорости V, придется затратить изрядное количество движения. Оно будет во много раз больше, нежели нужно было бы для осуществленного разгона короткого конца, будь он единственным (скрепленным с осью и ограниченным ей). Конкретный расчет можно облегчить, если найти центры масс обоих концов, считая

тогда, что вся масса их сосредоточена в одной точке, расположенной на расстоянии l от оси.

Вот численный пример. Масса короткого конца $m = 5$ *кг*, $l = 1$ *м*. Масса длинного конца $M = 100$ *кг*, $L = 5$ *м*. Чтобы точка с $L = 5$ *м* Приобрела скорость вращения $V = 10$ *м/с* (при этом точка с $l = 1$ *м* приобретёт $v = V\frac{l}{L} = 10 \cdot \frac{1}{5} = 2$ *м/с*), нужно затратить количество движения $mv + MV = 2 \cdot 5 + 10 \cdot 100 = 1010$ *дэв*. Если бы отсечь длинный конец, на разгон оставшегося конца до скорости $v = 2$ *м/с* нужно было бы дать всего **10** *дэв* движения (в 101 раз меньше). Мы ещё вернёмся к рычажной передаче. Пока лишь подчеркнём, что она принципиально ничем не отличается от обращённого столкновения, реактивной тяги или ходьбы.

ПЕРЕДАЧА ДВИЖЕНИЯ ВРАЩАЮЩИМСЯ КОЛЕСОМ

Как работают колеса автомобилей; электровозов, трамваев? Мотор через передаточные механизмы вращает вал колеса. Молекулы передней кромки колеса – в том месте, где они касаются колеи или асфальта – крепко зацепляются силами трения за молекулы последних. Если бы трение отсутствовало, колеса бы вращались на оси с определённой скоростью. Но трение столь сильно, что не дает колесу поворачиваться, заклинивая его свободный ход. Образуется своеобразный рычаг, один конец которого стремится оттолкнуть назад колею, другой толкает вперед ось колеса:



Если бы сама колея свободно (без трения) скользила по грунту и масса ее была бы намного меньше массы электровоза, то передвигалась бы только колея, а электровоз оставался на месте. При равенстве масс половину поступательной скорости обода колеса получал бы электровоз, а половину – колея. Наконец, при громадной массе колеи (что и имеет место в действительности, ибо колея накрепко соединена со всей массой планеты) практически вся поступательная

скорость обода обращается в поступательную скорость вала и всего электровоза относительно неподвижной колеи. Эти отношения весьма сходны с результатами столкновений тел, различающихся по массе. Общее количество движения, поступающее на обод, распределяется между количеством, полученным колеей и валом. Процессы же передачи движения здесь абсолютно аналогичны. Молекулы передней кромки обода настойчиво отталкивают назад молекулы колеи. Образуется симметрично распространяемое волновое сжатие. Постоянно текущие от обода потоки движения молекул перевешивают сопротивление молекул колеи. И. если масса последней мала по сравнению с массой электровоза, она отталкивается этим движением назад; если же масса, наоборот, несравнимо велика, весь объем движения возвращается (инверсируется) молекулам колеса, которым теперь уже не остается ничего иного, как подтаскивать вперед рычажным способом вал колеса, а вместе с ней и весь локомотив.

Процесс передачи движения с помощью вращающегося колеса можно описать формулами сохранения сумм импульсов таким же способом, как и при столкновениях тел несоизмеримой массы. Колея, крепко соединенная с массивом Земли, скорости не изменит, в то время как весь объем импульса, поступающий на передний край обода, инверсируется в противоположном направлении, что реализуется в поступательное движение вала колеса в обратную по сравнению с вращением колеса сторону (**-v**). Уменьшать скорость **-v** могут тепловые потери, а также хотя бы небольшие смещения колеи при плохом креплении ее к грунту или уменьшение упругости колеи за счет пластической деформации (например, при качении колес автомобиля по мокрой глине или песку).

Разумеется, результаты этой передачи движения не зависят от выбранной системы координат и ее собственного движения. Разгон автокара на идущем «под всеми парами» авианосце почти не отличается от аналогичного разгона его на земном аэродроме.

Таким образом, мы показали, что механическая передача движения имеет одинаковый вид при таких, казалось бы, несходных процессах, как столкновение тел, реактивная тяга, ходьба, вращение колес, рычаг. Передатчиком движения везде выступает волна направленного векторного молекулярного сжатия вещества, симметрично распространяющаяся в обоих контактирующих телах. Но результат механического взаимодействия существенно зависит о соотношения масс, упругих или пластических характеристик веще-

ства, тепловых потерь при молекулярной передаче волны сжатия (растяжения). При этом не имеют значения «собственные» скорости контактирующих тел или «собственное» движение системы координат, в которой мы изучаем передачу движения. Это еще раз подтверждает мысль о безразмерности пространственных параметров, которую мы высказали ранее.

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАЧИ ДВИЖЕНИЯ

Мы уже начали рассчитывать объемы движения с помощью формул отношения импульсов. Но можно ли измерять количество движения непосредственно приборами и приспособлениями? Вспомним, что измерить некое абсолютное собственное количество движения какого-либо объекта нельзя, ибо входящий в формулу импульса параметр скорости – величина весьма относительная. «Покоящийся» астероид может оказаться «бешено мчащимся» по отношению к другому в системе координат последнего. Поэтому учет количества движения справедлив разве что как условно-математическая операция при регистрации или прогнозе результатов столкновений. Иначе говоря, параметр импульса проявляется лишь в момент механического контакта тел, а последнее удобнее рассматривать как эффект пространственно-временного несовпадения систем координат тел, каждая из которых с полным основанием может рассматриваться покоящейся (или движущейся с любой мыслимой скоростью, если пока не брать во внимание коррективы, следующие из теории относительности Эйнштейна).

До сих пор мы рассчитывали количество переданного движения с помощью показателей масс и изменения скоростей. Этот способ надёжен, он использует прямые пропорции входящих в него величин, удобна аддитивность (возможность сложения) параметра импульса. Размерность количества движения **1 *дэв* = 1 (*кг-м*)/*с*** включает в себя все основные физические единицы: массу, расстоянии, время в простых линейных соотношениях. Но для более подробного описания многих явлений и факторов передачи движения нужно оговорить некоторые уточняющие сведения и ввести отдельные вспомогательные физические величины.

Коли при механической передаче движения от одного тела к другому изменяются скорости, значит, существуют интервалы времени, в течение которых тела претерпевают ускорение. Современные физики вообще считают, что ускорение – вернейший признак процесса передачи движения. И хотя во многих случаях это действительно так, но для многих других это вовсе не так. Последнее

утверждение – принципиальный момент физического мировосприятия, которое здесь излагается, и мы просим его хорошенько запомнить.

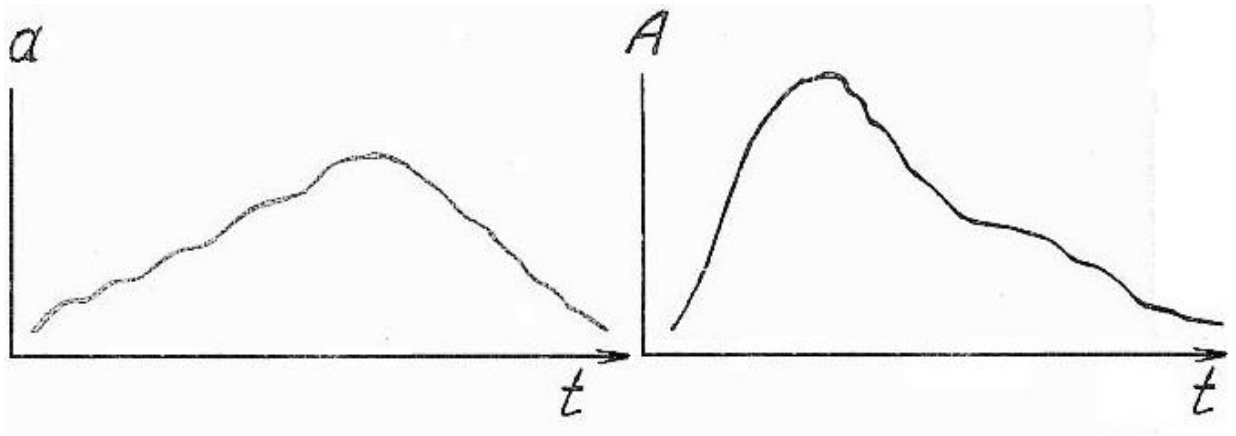
А теперь вернемся к началу. Сталкиваются два шара. Один изменил скорость, скажем, с **5** до **3** ***м/с,*** другой – от –10 до **+ 6** ***м/с.*** Можно ли узнать, с каким ускорением произошли эти изменения? Это будет зависеть от времени, прошедшего от первого прикосновения шаров и до последнего мига перед разлетом. Если **t = 0,02** ***с***, то

$$A=\frac{V-V_1}{t}=\frac{5-3}{0{,}02}=100\ м/с^2\ ;\ a=\frac{v-v_1}{t}=\frac{-10-6}{0{,}02}=-800 м/с^2\ .$$

Если же t = 0,1 *с*, то

$$A=\frac{5-3}{0{,}1}=20 м/с^2\ ;\ a=\frac{-10-6}{0{,}1}=-160\ м/с^2\ .$$

Большее ускорение ***a*** связано, разумеется, с меньшей массой ***m*** и ***c*** большей упругостью этого шара, а значит, большей скоростью волны молекулярного сжатия. Все это так. Но знание величин ***A*** *и* ***a*** тем не менее почти бесполезно, ибо это лишь некие абстрактные средние цифры. На самом деле ускорение при столкновениях переменное и в зависимости от материала шаров, скорости контакта и др. развивается по какому-либо графику:



Точный рисунок этого графика получить можно только экспериментально, причем это технически непросто. Но сложен и последующий анализ кривой, изучать которую следует с помощью приближенного дифференцирования. В то же время абсолютно ясно, что, какую бы картину не дал график у2скорения, весь его объем равен приращению скорости v1 – v или $\boldsymbol{V_1 - V}$, что и будет решающим при оценке результатов столкновения.

Есть, однако, такие процессы передачи механического движения, где величина ускорения более или менее постоянна, ее легко измерить или высчитать. Это характерно для реактивного движения с постоянной тягой. Как образуется постоянная тяга? Если в камеру

двигателя поступает в единицу времени строго постоянное количество топлива, если горение его хорошо отрегулировано, то, несмотря на непредсказуемое поведение каждой отдельной молекулы, бомбардирующей глухую стенку сопла, начинает действовать закон больших чисел и реализуется устойчивая среднестатистическая тяга, свойством которой является создание за одинаковые (не слишком малые) отрезки времени одинакового количества движения. Устойчивая тяга реактивного двигателя делает последний весьма удобным объектом для изучения и измерения передачи движения. Ни один другой двигатель не обладает этим качеством.

Итак, реактивный двигатель создает за равные интервалы времени строго равные порции движения. Если бы еще ракета не теряла массу от сгорания топлива, она была бы идеальным инструментом |исследования передачи движений. Впрочем, последнее условие достижимо, если топливо не хранить в ракете, а подводить его извне (по гибкому шлангу) прямо к двигателю. Если подобный двигатель разместить в космосе, это будет идеальный испытательный стенд (в условиях невесомости и в отсутствие какого бы то ни было сопротивления среды). Какие же результаты получим мы на стенде? Они, и общем-то, хорошо известны. При постоянной массе двигателя и неизменной тяге двигатель будет развивать в открытом космосе постоянное по величине ускорение. Это космическое ускорение максимально для данных характеристик массы и тяги (в отсутствие каких-либо иных источников ускорения, например, гравитационных). Во всяком случае, в земных условиях развить его в полном объёме мешают сопротивление среды и трение.

Происхождение ускорения при реактивной передаче движения понимается легко. Молекулы газа постоянно и мощно толкают молекулы передней части камеры сгорания. Те теснят следующие слои, и волна молекулярного сжатия быстро распространяется по |всему веществу ракеты. Дойдя до самой удаленной молекулы, волна бежит назад, но в этот момент приходит новая порция сжатия. Не успевая вернуться от первого толчка на прежние свои места, молекулы ракеты к приходу новой порции сжатия оказываются застигнутыми в смещённом вперед положении, из которого отбрасываются этой порцией еще далее вперед, и так постоянно. Если рассматривать в определенное мгновение положение ракеты как целого неподвижным ($\boldsymbol{V = 0}$), то в следующее мгновение произойдет некоторое пространственное смещение ее, равное векторному смещению наиболее удаленной от места контакта молекулы **(**обозначим его ***r).***

Сумма $r + (r+r_1) + \ldots + (r+r_1 + \ldots + r_n)$ покажет расстояние S, на которое удалится ракета от точки условного покоя за n толчков. Поделив его на время работы двигателя, получим скорость $v = \frac{r + (r + r_1) + \ldots + (r + r_1 + \ldots + r_n)}{t}$. Сумма же $\frac{nr}{t}$ даст условную величину ускорения, т. е. чистые прибавки в скорости $a = \frac{\sum^{n} r}{t}$. Этой линейной величиной физики не пользуются, ибо на практике очень трудно интегрировать только «ускорительные» порции пространства. Проще вывести условную величину ускорения, если располагать всей величиной пути, пройденного телом от точки v_0 до достижения скорости v_1:

$$\frac{\sum^{n} r}{t} = \left[\frac{r + (r + r_1 + \ldots + (r + r_1) + \ldots + r_n)}{t}\right] = \frac{2S}{t^2}.$$

Первая же формула (в начале шестой строки) нужна нам была для того, чтобы зримо показать, что величина ускорения прямо пропорциональна векторному смещению последней молекулы в цепочке молекулярного сжатия вещества. Остается выяснить, отчего зависит ***r***.

Опыт показывает, что одна и та же порция переданного движения дает большей массе меньшее ускорение, и наоборот. Из этого следует, что волна молекулярного сжатия, распространяясь в веществе, монотонно затухает, и чем больше молекул она затронет, тем более ослабленной придет к последней из них. Таким образом, то, что мы называем инерцией массы, можно рассматривать как процесс угасания волны молекулярного сжатия. Ослабление прямо пропорционально количеству молекул (точнее, их массе), участвующих в передаче движения.

Итак, чтобы в два раза увеличить ***r*** и ***a***, нужно ровно в два раза уменьшить массу ускоряемого объекта: ***r ~ a ~1/m.***

Другой прием увеличения ***r*** и ***a*** состоит в том, чтобы сильнее толкать передний край молекул. Этого, в свою очередь, можно достигнуть тремя путями: 1) увеличивать количество толкающих молекул; 2) повышать скорость столкновений; 3) снижать долю неэффективных тепловых потерь импульса.

Здесь мы подходим к очень важному для дальнейшего изложения понятию: сравнимости, сопоставимости процессов передачи движения. Мы выяснили, что при постоянной тяге реактивного дви-

гателя развивается постоянное по величине ускорение. Если к ракете присоединить вторую такую же массу, развиваемое ускорение уменьшится ровно в два раза. Теперь, чтобы восстановить первоначальное ускорение, необходимо вдвое увеличить объем движения, передающийся в каждый отдельный момент времени. Но чтобы далее эффективно измерять, учитывать, сопоставлять объемы движения и их потоки за различные отрезки времени, требуется ввести стандартную единицу движения, показывающую его поток в стандартную единицу времени.

Назовем это качество интенсивностью передачи движения (**I**) и впишем его в систему мер СИ. Тогда единицей интенсивности передачи движения станет **1** ***дэв,*** переданный за **1** ***с:***

$$\mathbf{1}\ дэв/с = \mathbf{1}\ (кг \cdot м)\ /с^2\ .$$

В этом месте большинство читателей, знакомых с размерностями, удивленно вскинут брови. Ведь величина **1** $(кг{\cdot}м)/с^2$ – это хорошо известный 1 ньютон (Н), которым измеряют в физике силу. Не будем спорить. Действительно, **1** ***дэв /с*** **= 1Н**, и то, что мы сейчас назвали интенсивностью потока движения, уже 300 лет называют «силой» (называют со времен Ньютона, в честь которого названа единица). Но не спешите гневаться. Дело вовсе не в капризной подмене терминов, а в дальнейшем углублении физического миропонимания. Ньютонова «сила» уже более 300 лет остается terra incognita. Сам великий англичанин, как известно, отказался комментировать физическую природу своего детища. Многие физики изгоняли это понятие из своего лексикона, видя в нем загадочный фантом (например, Герц, Эйнштейн известны как представители «безсиловой» механики). Но большинство современных ученых столь свыклись со словоупотреблением этого термина, что вовсе не видят в «силе» каких-либо неясностей, легко оперируя динами и ньютонами.

Не станем далее вдаваться в дискуссии. Надеемся, до сих пор все наши выводы развивались логично и соответствовали наблюдаемым фактам. Позже вернемся к обсуждению преимуществ и недостатков той или иной системы терминологии.

Итак, если наш реактивный двигатель массой, скажем, **100** ***кг,*** работая в неизменном режиме, разогнал сам себя до относительной скорости **40** ***м/с,*** то он реализовал объем движения ($\acute{A}$):

$$\acute{A} = m\Delta v = 100{\cdot}40 = 4\ кдэв$$

Если это событие длилось, к примеру, **10** ***с,*** можно сказать, что еже-

секундно газы передавали массе двигателя по **400** ***дэв*** движения. Эта цифра и есть условная величина интенсивности данного потока движения:

$$I = \frac{A^{\circ}}{t} = \frac{4000}{10} = 400\ дэв/с = 400H\ .$$

(Обычно в этих случаях мы можем говорить и о тяге двигателя, которая здесь совпадает с понятием интенсивности потока движения, хотя термин «тяга» более специфичен и применяется только по отношению к техническим приспособлениям.)

Новая единица не самостоятельная. Она производная и показывает не что иное, как определенный объем движения, переданный в стандартный промежуток времени (**1** ***с***). В этом серьезное ее отличие от прежнего понимания «силы», которой приписывали некое имманентное, самостоятельное, сущностное значение. Создатели классической механики Барроу, Ньютон, Гук, Лейбниц именно «силе» придавали первостепенную роль в процессах движения и именно от «силы» строили аксиоматику всех механических отношений: сила → импульс, сила → кинетическая энергия, сила → работа, сила → мощность. И это при том, что физическая природа «силы» как таковой до сих пор остается неизвестной!

Дальнейшие рассуждения, возможно, прольют свет на загадочный феномен «силы», но мы постараемся показать, что «бессиловая аксиоматика» более удобна для понимания механических явлений.

Интенсивность передачи движения (т.е. ньютонова «сила») – величина весьма полезная в исследовании механических взаимодействий, особенно там, где эта интенсивность более или менее стабильна. Так, при постоянной интенсивности, зная время работы движителя, легко подсчитать объем движения, переданный данному объекту:

$$\boldsymbol{A^{\circ} = p = It}$$

Зная массу объекта, нетрудно установить скорость, достигнутую им за время передачи движения, а также постоянное ускорение, развиваемое в каждую секунду:

$$v = \frac{It}{m}\ ;\ a = \frac{I}{m}\ .$$

Все отношения этих важнейших для механики величин: ускорения, скорости, массы, времени, интенсивности, импульса, сдвига наиболее удаленной молекулы ***(r)*** - линейные и аддитивные. Их простота словно бы символизирует бесхитростность и гармонич-

ность мироздания. Дополнить эти пропорции может и величина расхода топлива, которая при постоянном режиме сгорания прямо пропорциональна приращению скорости и импульса (при неизменной массе).

И силовой модели Вселенной – наиболее распространенной в настоящее время – часто рассматриваются и так называемые «силы инерции», хотя ясно, что находящееся в инерционном режиме тело не имеет никаких силовых характеристик. Отсутствуют такие непременные спутники силовых взаимодействий, как вынужденное ускорение и молекулярное сжатие (или растяжение) вещества. Впрочем, идея «инерционных сил» рождается из третьего закона Ньютона: они существуют якобы в форме сопротивления насильственному движению. Действительно, если рукой передвигать массивную вещь, ощущается давление, направленное в сторону ладони. По сути, это естественное отражение процесса молекулярного сжатия, всегда сопровождающего передачу движения. Мы помним, что во всех этих случаях молекулы ладони и тела постоянно усиленно колеблются, в результате чего возвратные подвижки колеблющихся молекул пробного тела и ощущаются рукой как некое противодействие.

Представим снова наилучший демонстратор передачи движения – реактивный двигатель в открытом космическом пространстве. Если нос двигателя подцепит небольшой предмет, он начнет, разгоняясь сам, разгонять и этот предмет. Очевидно, что ускорение здесь будет несколько меньше, нежели аналогичное ускорение двигателя вне разгоняемого им тела. Это уменьшение ускорения будет строго соответствовать обратной пропорции от увеличения общей массы:

$$\left(a_1 = \frac{I}{m}\right) > \left(a_2 = \frac{I}{M+m}\right).$$

Уменьшим массу двигателя – ускорение увеличится. Но стоит ли вводить понятие инерционной силы, если «противодействие» дополнительной массы уже описано обратной пропорцией, вытекающей из основной формулы механики: $p = MV = (M + m)(V - v)$? Обратная же пропорция $a \sim 1/m$ является результатом того, что при передаче движения с помощью молекулярного сжатия вещества импульс p ветвится на тем большее число направлений, чем больше масса. Соответственно, чем больше ветвей, тем меньше ускорение тела как единого целого. Подобная трактовка вовсе не требует введения понятий инерционных сил, усложняющих физическую картину мира и затуманивающих естественные связи механических явлений.

Интересна и такая мысль: не является ли сама инерция отраже-

нием процесса разветвления молекулярного сжатия в макротелах? В этом случае простейший элемент материи – скажем, кварк – может и не иметь своей собственной инерции. Отсюда логичный ход к пониманию факта отсутствия массы покоя (инерционной массы) у фотона или нейтрино!

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ПЕРЕДАЧИ ДВИЖЕНИЯ

Итак, при механической передаче движения от одного объекта к другому реализуются два взаимосвязанных эффекта: 1) в веществе распространяется волна молекулярного сжатия; 2) тело, получающее порцию движения, увеличивает относительную скорость (или постоянно меняет координаты относительно точек условного покоя). Воспринимаемое нами ускорение – зримый результат движения внутренней молекулярной волны сжатия.

Но всегда ли эти эффекты являются следствиями процесса передачи движения? Перебирая различные ситуации, мы можем видеть, что здесь имеются весьма разноречивые факты. Например, большинство земных двигателей, в том числе и реактивных, передавая движение транспортным средствам и механизмам, .довольно скоро выходит на тот порог скорости, дальше которого ускорение невозможно: устанавливается равномерное движение, т.е. относительный покой. Это происходит оттого, что весь поступающий от двигателя поток движения отбирается трением и сопротивлением среды. Но значит ли это, что передача движения прекращается?

Обычно физики говорят, что движение здесь не передается, ибо силы мотора и сопротивления среды взаимоуравновешивают, гасят, нейтрализуют друг друга. Справедливо ли это утверждение? Посмотрим, сохраняется ли в этом случае векторное молекулярное сжатие вещества. Ситуация станет очевидной, если вообразить, что в космосе два одинаковых реактивных двигателя с одинаковой тягой (интенсивностью потока движения) соединены лоб в лоб и стремятся сдвинуть друг друга:

Молекулы раскаленного газа ведут себя как обычно, стремясь оттолкнуть вперед глухую стенку сопла. Молекулярное сжатие не

только распространяется с теми же параметрами, но теперь становится в два раза сильнее, так как передние кромки молекул двигателей не могут сдвигаться вперед, ибо их оттесняют передние кромки молекул противоположной стороны. Итак, движение создастся, движение передается, а сдвига нет! Примирить противоречие можно, если констатировать: молекулярное сжатие вещества – этот непременный участник передачи движения – в некоторых условиях может не иметь результатом непременное изменение покоящихся систем координат, т.е. ускорение объекта. Но передача движения здесь все-таки происходит!

Пользуясь относительностью понятия пространства, этот случай можно пояснить и так: двигатели все-таки меняют пространственные координаты друг друга, если полагать, что естественным пространственным положением каждого является соответственная тяге двигателя скорость относительно другого двигателя, т.е. «собственное» пространство одного двигателя как бы наползает на собственное пространство другого, «пожирает» его. Взаимный покой двигателей относительно нас вовсе не означает их покой относительно невидимых нам вгрызающихся друг в друга пространств, значит, результат передачи движения здесь надо оценивать по спрятанным от глаз человека пространственно-координатным перемещениям.

Представим, что небольшой реактивный двигатель приставлен к корме парохода и пытается придать ему ускорение. Трение о воду может быть не столь уж большим. Однако тяга двигателя недостаточна для того, чтобы волна молекулярного сжатия, которую он посылает веществу парохода, достигла наиболее удаленной его молекулы из-за огромной массы. Волна сжатия ветвится до таких мизерных ***r,*** что они уже практически неотличимы от тепловых движений молекул – естественно, пароход как целое остается безучастным к работе двигателя. Но значит ли это, что двигатель вообще не продуцирует и не передает движение веществу парохода? Обычно утверждается: да, здесь нет никакого действия, не производится никакого механического движения. Нам же хочется сказать, что и в этом случае движение создается и передается, только не достигает всех молекул парохода и не реализуется поэтому в необходимом изменении пространственных координат.

Кроме того, и сам двигатель участвует-таки в процессе пространственных перемещений, но только по отношению к своей системе координат, которая должна ускоренно перемещаться вперед (вспомним, что в каждый отдельный миг тело находится в своей покоя-

щейся системе координат), подминаясь под пространство покоя корабля. Отставание от своей естественной системы координат и есть видимый результат передачи движения, которое взаимореализуют молекулы корабля и двигателя. Величину объема произведенного движения можно даже высчитать, если знать интенсивность потока ("силу") и время его действия. Скажем, двигатель толкает пароход в течение **100** ***с*** с усилием в **600** ***Н.*** Значит, он произвел $A^{o} = It = 600 \cdot 100 = 60$ ***кдэв*** движения, растраченного на тепловые потери. Если бы эти затраты удалось целиком реализовать в космосе, можно было бы разогнать массу **6 т** до скорости **10** ***м/с.***

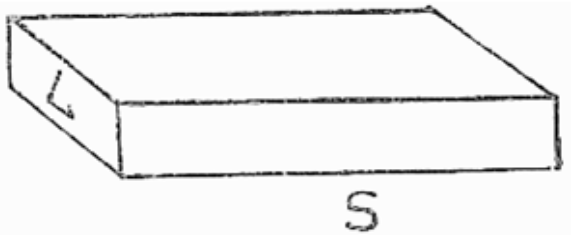
Вот другая ситуация. Аэросани на воздушной подушке, устраняющей трение о почву, начинают движение с включенным на полную тягу реактивным двигателем. Сперва движение их будет значительно ускоренным, но затем ускорение довольно быстро сойдет на нет и аэросани достигнут постоянной скорости относительно Земли и покоящегося воздуха. Скорость эта будет максимальной (она может слегка вырасти в связи с опорожнением топливных баков и уменьшением массы). Продолжает ли двигатель передавать движение? Ведь никакого ускорения саней нет! Бежит ли волна молекулярного сжатия? Конечно, бежит, и с не меньшей интенсивностью. Только распространяется и противоположно направленная волна сжатия, которую передают корпусу аэросаней молекулы встречного воздуха. Причем последние передают объем движения точно такой же, как если бы в лоб к нашим аэросаням были присоединены другие аэросани с работающим на всю мощь аналогичным двигателем (вспомним две ракеты в космосе). Поэтому состояние аэросаней можно описать как замедляющееся относительно собственной системы координат. При этом идут два противоположно направленных процесса передачи движения: двигателя аэросаней и сопротивления воздуха. Процессы эти реальны, хотя и взаимокомпенсируемы.

Сопротивление воздуха, противодействующее дальнейшему разгону саней, легко рассчитать. Представим, что в каждый отрезок времени (скажем, секунду) аэросани соприкасаются с молекулами воздуха, суммарная масса которых пропорциональна объему встреченного за эту же секунду воздуха (примем удельный вес кубического метра воздуха $a = 1$ ***кг/м^3***).

Секундный объем встреченного воздуха устанавливается формулой $Z = Lv$ (***м^3/с***), значит, $m = Lv\sigma$ (***кг/с***). Остается оценить ве-

личину импульса, ежесекундно отдаваемого молекулами воздуха аэросаням, которая зависит от скорости столкновения (v). Тогда

$$I_{conp} = v^2 L\sigma$$



Данная величина, правда, не будет очень точной, ибо она предполагает, что абсолютно все молекулы воздуха, встреченные аэросанями, отдадут целиком импульс mv на торможение. На самом деле этого не происходит, ибо часть импульса инверсируется, большая часть его уносится молекулами, обтекающими аэросани. Поэтому вводят особый безразмерный аэродинамический коэффициент, сложно зависящий от состава воздуха, от формы аэросаней, а также от той же скорости движения, ибо при больших скоростях упругая инверсия импульса уменьшается. Самый большой коэффициент $k = 1$, видимо, недостижим, $k = 0{,}9$ даст разве что очень быстро двигающаяся раструбом вперед удлиненная воронка:

Это означает 90 % от номинального $I = v^2 L\sigma$. Но и очень малые коэффициенты ($k = 0.1$, например, с 10 % тормозящей «силы») трудно воплощаемы. Скажем, в нашем случае аэросани с профилем $L=2{,}5$ м^2 и аэродинамическим коэффициентом $k = 0{,}4$ развили максимальную скорость **20** *м/с*. Это значит, что интенсивность потока движения, передаваемая молекулами встречного воздуха, нейтрализовалась интенсивностью потока движения, вырабатываемого двигателем. Подсчитаем $I_{возд} = v^2 k L\sigma = 20^2 \cdot 0{,}4 \cdot 2{,}5 \cdot 1 = 400$ *дэв/с.* Зная тягу и массу саней *(m = 2* **000** *кг)*, можно вычислить начальное (как мы помним, максимальное) ускорение:

$a = \frac{I}{m} = \frac{400}{2000} =$ 0,2 *м/с*^{2}. В космосе это ускорение сохранялось бы во время работы

двигателя. В земных условиях оно будет падать до нуля по параболическому закону: тем стремительнее, чем больше скорость.

Можно решать и обратные задачи. Если зги же аэросани разовьют тягу, скажем, 900 Н, то максимальная скорость не сможет превысить $v = \sqrt{I/kL\sigma} = \sqrt{900/0{,}4 \cdot 2{,}5 \cdot 1} = 30\ м/с$. Хорошо видно, что завоевание скорости в условиях Земли дается напряженным (квадратичным и более того) повышением тяги.

Известно, что велосипедист может развивать скорость до **15** ***м/с***. Это значит, что сопротивление воздуха отнимает у него при $\mathbf{L = 0{,}5\ м^2}$ и $\boldsymbol{k = 0{,}4}$: $I = v^2\ kL\sigma = 15^2 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot 1 = 45$ ***дэв/с***. Присовокупим сюда трение механизма, скажем, **115** ***дэв/с***. Значит, велосипедист должен создавать ежесекундно **160** ***дэв*** движения. Делая 4 толчка педалей ногами за секунду, он должен вкладывать в каждый не менее **40** ***дэв***. Это солидная величина, **160** ***дэв/с*** способны разгонять в космосе массу **80** ***кг*** с ускорением **2** ***м/с*** (как хороший самолет).

Построим более точную модель торможения тела в однородной сплошной среде (воздухе, воде, грунте), учитывающую падение сопротивления по мере снижения скорости. Для этого положим, что тело массой M и начальной скоростью V сталкивается с последовательно расположенными в пространстве покоящимися шариками одинаковой массы m. Замедление скорости ΔV после одного соударения можно отобразить формулой $\Delta V = \dfrac{m(2v - V) + MV}{m + M}$, а при $v = 0$ $\Delta V = \dfrac{V(M - m)}{M + m}$. После n соударений $V_1 = V\left(\dfrac{M - m}{M + m}\right)^n$.

Поступим теперь так же, как в разделе о реактивной тяге. Примем массу молекулы сопротивляющейся среды $m = 1$. Тогда число молекул, встреченных телом, выразится через $N = N/1$. Формула торможения преобразуется:

$$\Delta V = V\left(\frac{M - m}{M + m}\right)^N = V\left(\frac{M - 1}{M + 1}\right)^N.$$

Если $N = M$ (масса встреченных молекул равна массе тела), то $V_1 = V\left(\dfrac{M - 1}{M + 1}\right)^M = \dfrac{V}{e^2}$, где e - основание натуральных логарифмов). При других N новая скорость может быть установлена соотношением $\boldsymbol{V_1 = V/e^z}$**, где** $\mathbf{z = 2N/M}$. Обычно реальные результаты заметно отличаются от формульных, ибо далеко не все соударения лобовые. В зависимости от конфигурации тела значительная часть встреченных молекул среды может обтекать его и почти не участво-

вать в соударениях. Существенны и другие детали – внутренние связи молекул в сопротивляющихся средах, степень упругости молекул и др. Поэтому опытным путем устанавливают коэффициент аэро- или гидродинамического сопротивления (***k***), влияющий на числовой результат:

$$V_1 = V/e^{zk}$$

С помощью этой формулы можно рассчитывать замедление скорости по мере преодоления телом того или иного расстояния ***S***. Величину ***N*** встреченного телом вещества на пути ***S*** можно представить в виде уже известной нам формулы: $N = \sigma LS$. Скажем, лодка массой $M = 500$ *кг* с $L = 0{,}2$ $м^2$, разогнанная в воде до скорости $V = 10$ *м/с*, замедлит своё движение на расстоянии $S = 20$ *м* до

$$V_1 = \frac{V}{e^{zk}} = 4{,}49\ м/с \quad (\text{где } z = \frac{2LS\sigma}{M} = \frac{2 \cdot 0{,}2 \cdot 20 \cdot 1000}{500} = 16;\ k = 0{,}05;$$

$\sigma = 1000$ *кг/м*^{3} .

Возможна и обратная задача. Например, пуля массой **0,01** *кг* врезается в кучу песка со скоростью $V = 1000$ *м/с.* Какая толщина песчаного грунта нужна для ослабления скорости до безопасной величины $V_1 = 10$ *м/с* ? (Параметры $\sigma = 2000$ *кг/м*^{3} ; $L = 6{,}36 \cdot 10^{-5}$ $м^2$; $k = 0{,}2$.) Формула примет вид

$$S = \frac{\ln\left(\frac{V}{V_1}\right)M}{2\sigma kL} = \frac{\ln 100 \cdot 0{,}01}{0{,}2 \cdot 2 \cdot 2000 \cdot 0{,}00006} \approx 0{,}9 м\ .$$

ЗАГАДКА ПРУЖИНЫ

Векторное молекулярное сжатие (или растяжение) в веществе тел при передаче движения наглядно воплощается в удлинении или сокращении длин стержней, нитей, резин, пружин, что является надежным показателем этого процесса. Теперь становится самоочевидным закон Гука, гласящий, что чем больше сжимающая, скручивающая, растягивающая «сила» (интенсивность потока движения), тем больше упругая деформация вещества. Это и понятно, ибо степень растяжения или сжатия впрямую зависит от среднего смещения молекул при передаче динамической волны. Пропорциональные отношения между ***r, a*** и ***l*** (удлинением или сокращением длины в направлении передачи движения), таким образом, есть родственные проявления одной и той же причины. На свойстве пружин можно зримо (как в увеличительном стекле) показывать внутренние молекулярные процессы, идущие в веществе в

момент передачи движения; на них основано измерение ньютоновой «силы» динамометром.

Познакомимся с этим феноменом поближе. Итак, пружина (или резина) представляется объектом, молекулы которого в обычном (недеформированном) состоянии занимают по отношению друг к другу наиболее выгодные уравновешенные положения. Идущие здесь тепловые колебания молекул взаимоограничивают друг друга. Соединим теперь реактивный двигатель и основную массу ракеты пружиной:

и начнем разгонять образовавшийся тандем. По веществу двигателя побежит волна молекулярного сжатия, передастся пружине и далее распространится по телу ракеты. Вещество тандема несколько как бы спрессуется к центру массы, но в обычной ситуации измерить этот эффект трудновато. Зато упругое сжатие пружины сделает его вполне наглядным. Причем чем больше интенсивность передачи движения (***I* = *«F»***), тем больше смещение молекул ***(r),*** тем больше ускорение ***(a)*** и тем больше сжатие пружины (**Δ*l***) :

$$I \sim r \sim a \sim l\,.$$

В этом и есть смысл закона Гука. Почему же степень деформации пружин и резин отражает именно интенсивность потока движения, а не сам объем переданного движения? Упругая деформация (**Δ*l***), как и постоянное векторное смещение молекул (***r)***, развиваясь внутри объекта, являются дифференциальными составляющими общего процесса передачи движения. Внешние же проявления (ускорение, приращение) скорости) рассчитываются на интегральной основе: $\sum^{n} dr/dt = \Delta v\,.$

Следовательно, показатель **Δ*l*** пропорционален ***dv/dt = a*** и ***dp/dt = I.***

Так природа дает нам счастливую возможность измерять непосредственно не только основную механическую величину – количество движения, но и производную – интенсивность потока движения. Этот счастливо найденный человеком инструмент изме-

рений позволяет исследовать механические взаимодействия в очень широком спектре условий.

Достаточно проградуировать шкалу растяжения или сжатия пружины эталонными показателями, и мы получим динамометр – прибор для вполне надежного измерения интенсивности передачи движения. Единицей меры выступает обычно 1 ньютон (**1*Н* = 1 *дэв/с* = 1 *(кг·м)/с*^{2}**)**, а в быту 1 килограмм-силы (**1 *кГс* = 9,8 *Н***), о статусе которого следует специально говорить.

Динамометр помогает измерять объем переданного движения косвенным путем там, где трудно установить массу или изменение скорости. Особенно важно то, что с использованием динамометра можно подсчитать количество переданного движения там, где по разным причинам нет видимых изменений скорости объектов (как в случае максимально разогнанных аэросаней).

Назовем далее объем переданного телу движения выполнением темпоральной работы (Å), отличающейся от традиционного понимания механической работы, о которой речь еще впереди. Объем темпоральной (от слова temporalis – временная) работы будем измерять в единицах количества движения, т.е. в дэвах и килодэвах.

По определению $\mathring{A} = It$ или в случае переменного $I\mathring{A} = \int_2^1 Idt$. Сле-

довательно, достаточно замерить динамометром величину упругой деформации, соответствующей данной интенсивности потока движения (мощности нашей темпоральной работы), а с помощью часов – время действия «силы», и легко получается величина всего объема переданного движения.

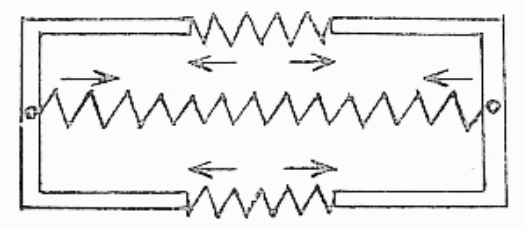
Например, реактивный двигатель соединили динамометром со скалой и создали тягу интенсивностью ***I* = 400 *дэв*** в течение **100 *с***. Это значит, что двигатель передал за это время **$\mathring{A}$ = *It* = 400 · 100 = 40 *кдэв*** темпоральной работы (или создал **40 *кдэв*** движения, растворившегося в тепловых флуктуациях молекул). Напомним, что ортодоксальная механика отрицает здесь факт совершения работы, признавая разве что крохотный объем работы по непосредственному растягиванию пружины. Наше понимание темпоральной работы позволяет говорить, что передача движения будет осуществляться все эти **100 *с*** и именно с интенсивностью **400 *дэв/с;*** другое дело, что все количество движения уйдет не на зримое изменение координат скалы, а на невидимое сжатие молекул вещества, не достигающее тем не менее последней молекулы скалы из-за чрезмерного количества этих молекул (не следует забывать, что скала опирается на весь массив Земли!), а также на

торможение ракеты относительно своей естественной системы координат. Еще раз обратим внимание: как только двигатель включается – пружина сжимается на расстояние, пропорциональное тяге. Причем эта деформация удерживается, пока двигатель работает.

Итак, видимые перемещения тел в пространстве и ускорения – не обязательный признак передачи движения и совершения темпоральной работы, ибо пространственные процессы относительны и совершаются за пределами прямой видимости. Мы даже можем выделить целый класс явлений, в которых участвует передача движения, но нет видимых результатов. Назовем их статическими формами темпоральной работы (давление напора воды, газов, равномерное перемещение в условиях трения и сопротивления среды). Один молодой физик возразил как-то автору этих строк: мол, реактивный двигатель в последнем случае просто рассеивает движение в пространство, наподобие кастрюли, с бульканьем испускающей пар. Но замените на миг реактивный двигатель кастрюлей – пружина моментально распрямится, отбросив кастрюлю в сторону. Нет, чтобы поддерживать нужную 'деформацию пружины, необходимо не рассеяние движения, а его постоянное векторно-направленное продуцирование, причем строго необходимой интенсивности. Можно еще раз убедиться, что стрелка динамометра действительно показывает не абстрактное понятие «силы», а наличие постоянного потока движения конкретной интенсивности.

Заинтересованный читатель может припомнить, что деформацию пружины может поддерживать не только реактивный двигатель. Пружину можно растянуть, укрепив с двух сторон на металлической раме, и она будет находиться все это время в деформированном состоянии. Что же, в этом случае тоже постоянно совершается темпоральная работа? Откуда тогда она берется, да еще в неограниченном количестве?

Чтобы ответить на данный вопрос, представим, что металлическая рама, на которую натягивают пружину, не сплошная, а состоит из двух половинок, в свою очередь соединенных пружинами, работающими на сжатие:



Это сделает нагляднее тот факт, что стягиваемая пружиной рама сама сопротивляется деформации контрдеформацией и вставленные дополнительные пружинки покажут соответствующую величину этого противодействия. Итак, растягивая основную пружину и закрепляя ее на обоих концах рамы, мы передаем некоторый объем движения молекулам рамы, которые сплющивают друг друга больше меры, стягивая при этом и две дополнительные пружины. Порция движения здесь словно попадает в ловушку и начинает бесконечно перемещаться по замкнутому контуру примерно так, как электрический заряд неограниченно долго вращается в сверхпроводящем кольцевом проводнике, или как кольцевые токи неустанно трудятся в естественном магните. Стоит в каком-либо месте нарушить целостность контура (порвать пружину или сломать раму), и плененная порция движения вырвется наружу, совершив зримую работу. Природа этого замкнутого (назовем его статуарным или кольцевым) движения сродни теплу, но, в отличие от хаотичности последнего, сохраняет векторную направленность. Близки к статуарному движению и так называемые «центробежные силы», развивающиеся во вращающихся телах.

Пример «плененного» статуарного движения показывают процессы давления газов в замкнутых оболочках. Роль добавочных пружин играют здесь упругость оболочек и внешнее давление газа или жидкости. Во всех этих случаях нового движения, разумеется, не издается – его первоначальная порция консервируется, запасается впрок, впредь до освобождения. Порцию эту можно и подсчитать, зная закон изменения интенсивности в разных стадиях деформации

пружины или объема газа: $$A^{\circ} = \int_{2}^{1} I\, dt\,.$$

Справедлив вопрос: а не теряется ли запасенное движение от длительного хранения? Видимо, да, ибо известны проявления старения материалов, находящихся в постоянной упругой деформации. Возможно, какую-то подпитку плененному векторному сжатию дают тепловые колебания молекул; во всяком случае, хорошо известно, что в условиях низких температур большинство металлов и резин теряет упругодеформационные свойства.

Количество движения, которое запасает пружина, можно рассчитать. Вот пример элементарного расчета. Допустим, пружина массой $\boldsymbol{m = 2\ кг}$ в свободном состоянии имеет длину $\boldsymbol{l_0 = 1\ м}$, а в деформированном (сжатом) – $\boldsymbol{l_{min} = 0{,}2\ м}$. Этому положению соответствует измеренная интенсивность передачи движения $\boldsymbol{I = F = 400\ дэв/с}$ (400 Н). Нужно выяснить, какую наибольшую скорость

приобретает свободный конец пружины при возврате в нормальное состояние. Тогда станет известно количество движения, заставляющее массу **2 *кг*** набрать скорость $\frac{v+0}{2}$; $p=\frac{mv}{2}$. Скорость эта ограничивается ускорением ***a,*** которое не может превысить ***a = F/m,*** а в среднем равно $a_{ср} = F/2m$. Тогда из соотношения пути $S = l_o - l_{min} = 0{,}8$ м, ускорения $a_{ср} = \frac{400}{2 \cdot 2} = 100\ м/с^2$ определяем скорость $v_{ср} = \sqrt{2aS} = \sqrt{\frac{FS}{m}} = \sqrt{\frac{F(l_o - l\,min)}{m}} = 12,65\ м/с$ и далее импульс, запасенный пружиной $p = m\sqrt{\frac{FS}{m}} = \sqrt{F_m(l_o - l_{min})} =$ **= 25,3 *дэв*.**

Можно рассчитать запас движения у не до конца сжатой пружины. Так как положение $l_0 - l_i$ – длина пружины при деформации ***i***) соответствует величине «силы» F_i, то количество движения выразится формулой

$$p = F_i\sqrt{\frac{m(l_o - l_{min})}{F_{полн}}}$$

Так, как положение $l_i = 0{,}6\ м = 0{,}4\ м$) будет соответствовать «силе» **200 *Н*** (половина запаса $F_{полн} = 400\ Н$). Следовательно,

$p_i = F_i\sqrt{\frac{m(l_o - l_{min})}{F_{полн}}} = 12,65\ дэв$, т.е., в два раза меньше, чем оответствует закону Гука для упругих деформированных объектов.

Теперь можно легко понять, что такое «потенциальная энергия» пружины. Это – определенная порция заключенного в ней кольцевого молекулярного движения. При первой же возможности (разрушении кольцевого контура) эта порция освобождается и производит реальное движение. Становится зримым и процесс перехода запасенного пружиной механического движения в тепловое, если пружину поместить в раствор соляной кислоты. Вещество пружины постепенно растворяется, несколько нагревая раствор. Нагрев же происходит из-за того, что отрывающиеся от пружины молекулы металла имеют дополнительный импульс – результат молекулярного сжатия (или растяжения) вещества пружины. Отрываясь от металлического монолита, молекула металла с повышенной скоростью толкает окружающие ее молекулы кислоты, что и приводит к некоторому нагреву раствора.

ГРАВИТАЦИЯ И МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

Всегда ли признаком передачи движения является векторное мо-

лекулярное сжатие вещества? До сих пор мы не встречали исключений. Но вспомним, однако, падение тел с высоты (особенно вне атмосферы). С одной стороны, здесь идет ускоренное падение с постоянным приращением скорости, характерным для процессов, в которых имеет место передача движения. С другой стороны, внутри свободно падающего тела нет никакого векторного сжатия вещества. Наоборот, все молекулы находятся в состоянии невесомости, т.е. абсолютно не давят друг на друга, если не принимать во внимание хаотические тепловые флуктуации.

Значит, возможна передача движения без векторного молекулярного сжатия? Или в случае гравитационного ускорения мы встречаемся с чем-то особым?

Ньютон и Гук полагали, что гравитационное взаимодействие – особая «сила», родная сестра механических или магнитных «сил». Па этой гипотезе массивные тела постоянно передают друг другу движение, словно бы подтаскивая друг друга на прочных канатах. Но если одно тело передает другому движение, значит, оно должно терять это движение. Двойные и тройные звезды и планеты, планеты и спутники миллиардами лет притягивают друг друга, превращая прямолинейные инерционные траектории в круговые и эллиптические. При этом никаких видимых потерь движения не видно. Гравитационное взаимодействие никак себя внешне не выдает – не теряется и не приобретается масса, нет особого гравитационного излучения (по крайней мере, пока оно не обнаружено).

Если Земля притягивает к себе метеориты, разгоняя их до космических скоростей, то, падая на планету, они не уменьшают гравитационных возможностей последней, а скорее. наоборот, увеличивают их, т.е. способность к притяжению возрастает из-за увеличения массы планеты.

Все эти факты наводят на мысль, что гравитационное взаимодействие по природе своей весьма далеко от обычной механической передачи движения и рассматриваться должно особо.

Напомним, что вдали от источников гравитации все тела движутся равномерно и прямолинейно, находясь в состоянии невесомости (когда ни одна молекула не давит векторно на другую, кроме хаотических тепловых возмущений). Так как пространство бесструктурно и безразмерно, то ничто не воспрещает нам считать, что тела эти вовсе не движутся, а покоятся каждое в своей системе координат. Но вот тело попало в область гравитационного воздействия какого-либо массивного объекта. Скорость в направлении этого объекта начинает расти. Однако ни один физический процесс не выда-

ет это состояние. Тело продолжает пребывать в невесомости, все внутренние физические процессы сохраняются, нет ни одного эффекта, который отличал бы свободное падение, вращение по круговой или эллиптической орбите, движение по параболической или гиперболической траектории от «равномерно-прямолинейного покоя» вдали от источников гравитации. (Единственный эффект – приливное трение, но оно развивается в очень больших вращающихся по орбитам и вокруг оси телах: спутниках, планетах. Его причина – неравномерное и нелинейное распределение гравитационных параметров внутри тел.)

Многие ученые пытались разгадать тайну тяготения, но это пока никому не удалось. Впрочем, может быть, точная отгадка не столь уж важна. Важнее интерпретация следствий. В этом плане интересно, на наш взгляд, следующее рассуждение. Поскольку между прямолинейно-равномерным движением и движением по одной из гравитационных траекторий (круговых, эллиптических, параболических и т.д.) нет никаких внутренних физических различий, это не мешает нам оценивать то и другое как адекватные состояния (назовем их естественными состояниями объектов). Вдумаемся, ведь приращение скорости или искривление пути, наблюдающиеся в гравитационных траекториях, – факты сугубо пространственные. Кардинально они не отличаются от процессов приращения пути при равномерном перемещении. Как тут влияет наличие масс – неизвестно, но если пространство бесструктурно и безразмерно, то эти изменения координат не обязательно объяснять с позиций сил и передачи движения. Достаточно вслед за Эйнштейном допустить, что гравитационные взаимодействия являются следствием особого искривления пространства, которое тем значительнее, чем больше гравитационная масса и чем ближе объекты друг к другу. Тогда свободное падение, круговые, эллиптические, параболические, гиперболические траектории будут своеобразными проекциями равномерно-прямолинейного движения (или покоя) на сферически искривленное гравитацией безразмерное пространство. Те постоянные добавки скорости, которые развиваются в поле действия гравитации, легко интерпретировать как постоянное «проваливание» тел в искривленном пространстве относительно их нормальных точек покоя. Гравитационные движения – это «покой» с постоянной коррекцией пространственных координат на их сближение с гравитационной массой.

Чисто пространственная интерпретация гравитации делает понятным тот факт, что все тела, независимо от их весьма разных фи-

зических характеристик (масс, удельных весов, зарядов, атомно-молекулярных свойств), падают с абсолютно одинаковым ускорением (если исключить коррекцию сопротивления среды). Гравитационная добавка скорости – это «сморщивание» соответствующей части пространства (оно же бесструктурно и безразмерно!). Движение же по всем гравитационным траекториям, включая самые замысловатые, в условиях многих массивных тел будем рассматривать далее тождественным инерционному равномерно-прямолинейному движению. Никаких особых «сил» для его объяснения привлекать' необязательно. Любое, такое движение показывает, что тело находится в гравитационном равновесии со всем веществом Вселенной. Визитной карточкой такого движения является отсутствие векторного молекулярного сжатия вещества, т.е. состояние невесомости. Таким образом, естественное гравитационное движение – разновидность инерционного.

То обстоятельство, что при этом может меняться скорость, не должно ставить физика перед необходимостью вводить понятие «силы гравитации», искать ее истоки и усматривать здесь процессы передачи движения. От механической передачи движения гравитационное ускорение резко отличается и нуждается в другом, понятийном аппарате. Поэтому нам кажется излишним усложнением физической картины мира общепринятая система гравитационных полей с взаимопревращениями их кинетической и потенциальной энергий. Сам расчет потенциальной и кинетической энергии, как и расчет потенциального импульса вне акта столкновения тел, является чисто математической абстрактной операцией и отголоском тех далеких времен, когда человек не умел представить себе какую-либо стихию незаполненной какой-либо сущностью (хотя бы Богом). Отсюда – теплород, флогистон, эфир, структурирование пространства, проблема конечного объема Вселенной или протона. Знаменитый закон всемирного тяготения Ньютона определяет тем не менее силу гравитации:

$$F_{гр} = \gamma \frac{m_1 m_2}{R^2}.$$

Многовековые наблюдения над космическими телами и практика современной космонавтики подтверждают его с большой точностью. Причем силы тяготения для космических тел могут быть огромны. Например, Земля «тянет» Луну с силой почти $2 \cdot 10^{20}$ Н. Кто-либо или что-либо ощущает эту гигантскую силу? Рискнем сказать, что вряд ли, ибо все молекулы вещества Луны, независимо друг от друга, падают к центру Земли практически с одинаковым ускорением.

Луна как целое находится в состоянии невесомости на орбите Земли, так же как и сама Земля пребывает в невесомости на орбите Солнца.

Разумеется, закон Ньютона верен, но он легко представим и без сил гравитации. Нужно лишь согласиться, что единственным достоверным следствием гравитационного взаимодействия является свойство данной массы ускорять в направлении своего центра любые другие массы. При этом величина ускорения ***g***, с которым масса ***m*** воздействует на любое иное тело, прямо пропорционально зависит от величины этой массы и обратно пропорциональна квадрату расстояния между центрами взаимодействующих тел:

$$g = \gamma \frac{m}{R^2}.$$

Последняя формула и есть перефразированный закон всемирного тяготения, устанавливающий не силу $F_{гр}$, а гравитационное ускорение на данном расстоянии от данной массы. Сила $F_{гр}$ в таком случае будет лишь математическим фантомом, рождающимся при некорректном обращении с показателем второй массы (***M***) и самоисчезающим при первой же попытке установить реальный сущностный элемент гравитационного взаимодействия – гравитационное ускорение ***g*** :

$$g = \frac{F_{гр}}{M} = \gamma \frac{m\ [\ M\ ]}{R^2} : [\ M\ ] = \gamma \frac{m}{R^2}.$$

Для конкретных астрономических расчетов остается только выяснить эталон гравитационного ускорения в системе СИ, для чего необходимо измерить, с каким ускорением масса ***m*** **= 1** ***кг*** тянет к себе все тела, находящиеся на расстоянии ***R*** **= 1** ***м*** от ее центра, Многократно проведенные со времен Кавендиша измерения показывают, что в таких условиях $\mathbf{g = 6{,}67 \cdot 10^{-11}}$ ***м/с***^{2} . Записанное в размерности **1** ***м/ с***^{2} **: 1** ***кг/1м***^{2} (данное ускорение для массы **1***кг* и расстояния **1***м* в квадратичном отношении), это выражение и станет гравитационным эталоном $\mathbf{6{,}67 \cdot 10^{-11}}$ ***м***^{3}***/(кг·с***^{2}**)** , хорошо известным всем как гравитационная постоянная Кавендиша. Теперь легко понимаема необычная размерность этой важнейшей физической величины, которая образуется из размерности гравитационного ускорения тем же путем, что и эталоны скорости – ***м/с*** **,** интенсивности передачи движения – ***дэв/с,*** удельного веса – ***кГ/м***^{3} и т.д.

Таким образом, для описания гравитационных взаимоотношений Земли и Луны важно вычислить, что масса Земли $\mathbf{M = 5{,}973 \cdot 10^{24}}$ ***кг***

придаст всем телам, находящимся от её центра на расстоянии R= 384,4 *млн м* (в том числе и Луне), ускорение $g_З = \gamma\frac{M}{R^2} = 0{,}00269\ м/с^2.$

В свою очередь, масса Луны $\boldsymbol{m = 7{,}35\cdot10^{22}}$ ***кг*** тянет к себе все тела, находящиеся на этом же расстоянии (***R* = 384,4 *млн м***) от её центра (в том числе и Землю) с ускорением $g_Л = \gamma\frac{m}{R^2} = 0{,}000033\ м/с^2.$ Взаимное ускорение Земли и Луны G есть сумма $G = g_З + g_Л = \gamma\left(\frac{M + m}{R^2}\right) = 0{,}00272\ м/с^2;$

эту цифру можно найти в справочнике по астрономии.

Для подобных вычислений нет никакой надобности ни в «силе гравитации», ни в «интеграле энергии», о которых нередко упоминают труды по теории гравитации. Не прибегая к вышеназванным величинам, можно найти и другие гравитационные показатели. Как известно, круговая скорость вращения у поверхности-объекта (первая космическая) равна $v_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{\gamma\frac{m}{R}}$, максимальная скорость свободного падения с бесконечной высоты до поверхности (вторая космическая) – $v_2 = \sqrt{2gR} = \sqrt{2\gamma\frac{m}{R}}$, скорость освобождения на высоте ***h*** (от поверхности тела) – $v_h = \sqrt{2gR^2/(R + h)} = \sqrt{2\gamma M/(R + h)}$

и т.д. Как видно, в нахождении любой из этих и многих других величин не приходится пользоваться данными о силе тяготения, соотношении потенциальной и кинетической энергии, но еще раз может служить доказательством как иллюзорности, так и ненужности последних.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ – ФИКЦИЯ?

Итак, в нашей модели механических взаимодействий основной величиной является объем движения, измеряемый в дэвах [***(кг·м)/с***]. Величина эта имеет относительный характер и измеряется только при передаче движения. В виде импульса как функции некоторой скорости она теряет какой бы то ни было физический смысл, ибо входящий в размерность импульса параметр пространства безразмерен. Вводится для удобства вспомогательная величина – интенсивность передачи движения, измеряемая в ньютонах **(*дэв/с = (кг·м)/с*^{2})**. Интерпретация этой величины - количество движения, переданное в единицу, времени. Возможны и другие вспомогательные величины: давления, момента импульса, но ни одна из них не обладает субстанциональным, сущностным

значением, т.е. не может рассматриваться как отражение некоей объективной и имманентной субстанции (наподобие, например массы, субстанциональность которой, впрочем, многими также отрицается). Эти мысли, на наш взгляд, очень важны с методологической точки зрения, поэтому мы их неоднократно повторяем.

В противоположность сказанному, большинство учебников и пособий по физике начинает изложение проблем механики с понятия «силы», которой приписывают практически субстанциональный характер. При рассмотрении затем действия этой субстанциональной сущности во времени и в пространстве как бы сами собой выводятся понятия импульса ***(p = Ft)*** и механической энергии ***E = FS,*** которым традиционная механика также приписывает субстанциональное значение. Например, импульс и кинетическая энергия – два самых важных параметра в ядерной физике, где даже масса выражается в единицах энергии (электрон-вольтах).

Сам термин «энергия» (в разных своих ипостасях) приобрел во второй половине XIX века (в работах Гельмгольца, Герца, Маха) большую популярность. В нем сконцентрировалась неукротимая. тяга человеческого рассудка к субстанциональности. Все мы охотно и естественно говорим ныне о накоплении, хранении, расходовании энергии и её многообразных превращениях. Во всех этих словоупотреблениях под энергией подразумевается именно особая разновидность чего-то материального, почти осязаемого, вещественного. Но не ждет ли термин «энергия» (особенно в таких ее модификациях, как потенциальная и кинетическая) участь таких мифически» «жидкостей», как теплород, флогистон, эфир? Сомнения наши отнюдь не беспочвенны.

Еще раз подчеркнем, что в житейском смысле легче всего представлять малопонятные, но воспринимаемые явления в виде имманентных субстанций (жидких, газообразных, плазменных или совсем сказочных – прозрачных, невесомых, бестелесных). Ортодоксальный физик, например, с легкостью уверяет, что у свободно падающего тела постоянно идет процесс превращения потенциальной энергии в кинетическую. Из этого можно предположить, что один вид субстанции превращается в другой, и наоборот. Но если идут такие процессы, то что-то должно происходить с телом или внутри тела! Тогда точные приборы могут зарегистрировать специфические побочные эффекты этих превращений: излучение, нагревание или охлаждение и проч.

Вообразим: сквозь центр Луны по оси ее вращения (чтобы исключить эффект Кориолиса) пробили сквозную вертикальную шахту

(технически это может быть выполнимо для развитых цивилизаций). В эту шахту с высоты 10 м сбросили каменное ядро, которое начнет падать вниз с лунным ускорением $g = 1{,}6\ м/с^2$. Чем ближе к центру, тем меньше будет ускорение свободного падения, достигнув в центре нулевой отметки. К этому моменту скорость ядра возрастет до **1900** ***м/с***, после чего в зеркальном порядке скорость качнет падать, а замедление возрастать по мере приближения к противоположной поверхности Луны, пока ядро не вынырнет из шахты на другой стороне планеты. Поднявшись на **10** ***м*** над поверхностью и остановившись на мгновение, оно начнет падать обратно (вспомним, что отсутствует сопротивление воздуха и потерь движения не будет), и все повторится сначала.

Так мы создали необычный маятник с большой амплитудой качания. Вне трения и сопротивления среды такой маятник может колебаться практически вечно*. Что происходит каменным ядром? Абсолютно ничего. Во всех точках падения и последующего подъёма оно находится в состоянии невесомости, ничего при этом не излучая, никак не меняя внутреннего состояния (температуру, массу, если не учитывать эффекты теории относительности, кристаллическую структуру и проч.). В то же время, согласно механике нашего времени, с ядром должны происходить весьма значительные метаморфозы. Если на отметке 10 *м* над уровнем лунной поверхности кинетическая энергия ядра равна нулю, то с увеличением скорости эта энергия растет по квадратичному закону, ибо $E_k = mv^2/2$. В центре планеты кинетическая энергия ядра массой 10 *кг* становится весьма заметной:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{10 \cdot 1900^2}{2} = 18{,}4\ млн\ Дж\ .$$

Откуда же берется столь крупная величина? Физик скажет: из превращения потенциальной энергии, которая в центре Луны станет равной нулю, а на высоте 10 *м* над поверхностью как раз и составляет величину **18.4** ***млн Дж.***

В этой изящной модели все ясно, кроме одного: если энергия «перетекает», значит, она субстанциональна; если она разновидность материи, то она каким-то непостижимым образом должна храниться в телах! Где же – между атомами, внутри элементарных частиц? Да еще в двух столь несхожих разновидностях! И почему все-таки не наблюдается никаких физических эффектов, сопровождающих это непрерывное перетекание? Наконец, каков механизм связи по-

---

* Похоже, что подобным гравитационным маятником является **наше** Солнце, совершающее колебательные движения перпендикулярно плоскости галактики с периодом около 26 млн лет.

тенциальной энергии с гравитацией, а кинетической – со скоростью? Какими своими органами вещество ядра ощущает изменение гравитации, а какими изменение скорости? Как и какими операторами внутри вещества отмеряются доли перетекающей туда-сюда энергии в точном соответствии с формулами $E_{кин} = mv^2/2$, $E_{пот} = mgh$?

Все эти вопросы очень интересны, хотя физики предпочитают их не задавать. Ответ ведь все равно не получишь!

Еще больше может изумить количество кинетической и потенциальной энергии, которое способно «разместиться» в веществе. Во всяком случае, теоретически можно представить, что шахта пробита сквозь Солнце, Антарес или даже черную дыру. Это какие же квадрильоны энергии способно запасать вещество! Но не так разве должны были изумляться физики XVII века, обнаружившие, что теплота выделяется при ударе? И чем больше бьешь молотом по наковальне, тем больше выделяется теплоты. Выходило, что в веществе запасы теплоты бесконечны! История учит, что такого рода чудесные парадоксы решаются однозначно – они просто снимаются вместе со своим носителем. Именно так Румфорд поступил с теплородом – он лишил его субстанциональности и отринул из научного обихода. Именно так, видимо, следует поступить и нам, отвергая существование как кинетической, так и потенциальной энергии.

Остается еще раз резюмировать, что превращение потенциальной энергии в кинетическую и наоборот происходит только на бумаге, в алгебраических формулах. На самом деле этих эффектов не существует. Свободно падающее в невесомости тело, равно как и движущееся по любой иной гравитационной траектории, во всем подобно телу, движущемуся равномерно-прямолинейно вдали от источников гравитации. В каждой точке пути его можно считать просто покоящимся в его собственной (ускоренной или замедленной по отношению к центру гравитации) системе координат. Следовательно, его собственный импульс $p = mv$ и собственная так называемая кинетическая энергия $E_K = mv^2/2$ в любой момент равны нулю. И действительно, с какой бы скоростью ни падало тело в шахту – всегда можно подыскать такую звезду или планету, по отношению к которой тело находится в покое. Откуда же мифическим субстанциям собственного импульса и кинетической энергии знать, по отношению к чему резонно им отсчитывать свою величину – по отношению к Луне или далекой звезде? В том-то и дело, что отсчитывает математик, которому эта операция не в тягость.

Иное дело, если ядро столкнется при падении с каким-либо выступом на стене шахты или с падающим с меньшей скоростью оторвавшимся камнем. Тогда можно измерить и даже запрогнозировать результаты столкновения, которые будут зависеть от относительной скорости столкновения, упругих и пластических свойств тел, расположения центров масс, конфигурации тел и т.д. (обо всем этом мы уже говорили в разделе о столкновениях). Свои сомнения в объективном существовании эффекта кинетической (и потенциальной) энергии попробуем дополнить физико-математическим анализом.

Бессмысленно рассчитывать импульс инерционно движущегося тела вне процесса передачи, но сам способ измерения передачи движения и размерность этой величины – вещи правомочные. Зато кинетическую энергию некорректно не только высчитывать по инерционной скорости, но и сам способ ее измерения, ее размерность при пристальном изучении вызывает глубокое изумление!

Вдумаемся в ситуацию. Существует производная величина интенсивности потока движения (***I***), дифференцирующая объем передаваемого движения ***(A)*** по времени передачи ***(t).*** Ясно, что умножая эту производную ***I*** на время, мы восстанавливаем исходную величину количества переданного движения: ***It = A,*** что не вызывает сомнений. Однако физики сплошь и радом поступают и другим образом, умножая производную / не на время, а на параметр пути (***S***), который проходит тело под действием ньютоновой «силы». В результате и образуется величина кинетической энергии *E* (или работы) с размерностью $\mathbf{1}\boldsymbol{H}\cdot\mathbf{1}\boldsymbol{м} = \mathbf{1}(\ \boldsymbol{кг}\cdot\boldsymbol{м}^{\mathbf{2}}\ )/\boldsymbol{с}^{\mathbf{2}} = \mathbf{1}$ **Дж** .

Все настолько свыклись с этим действием (напомним, свою некорректность оно маскирует субстанциональным толкованием ***I*** как «силы»), что не замечают его алогичности и массы порождаемых им парадоксов. Формула традиционно трактуемой элементарной механической работы так и звучит: «действие силы ***F*** на пути ***S***». Вернемся еще раз к началу. Когда-то давно, еще до полетов в космос, в одном из американских научных журналов «Astounding Science Fiction» была помещена заметка, доказывавшая невозможность каких-либо механических контактов на орбите Земли. Автор давал очень несложные выкладки. Предположим, в космосе необходимо состыковать орбитальную станцию и транспортный корабль. На Земле ведутся испытания стыковки, в которых проверяется надежность амортизаторов, которые должны погасить скорость столкновения. ***v = 2 м/с.*** При массе корабля 10 ***m,*** например, полное

торможение потребует погасить $E_k = \frac{m(v_1^2 - v_2^2)}{2} = 10 \cdot (2^2 - 0^2)$ **x x 1/2 = 20** ***кДж*** кинетической энергии. Однако на орбите Земли. когда перепад скоростей будет составлять **8 002 – 8 000** ***м/с,*** амортизационный механизм вынужден будет погасить несколько иное количество кинетической энергии корабля: $E_K = 10 \cdot (8\,002^2 - 8\,000^2) \cdot 1/2 = 160\,020$ ***кДж***! Ясно, что механизм на это может быть не рассчитан, ибо выделение такого количества энергии в земных условиях равносильно полному торможению корабля от скорости

$$v_1 = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{160\,020 \cdot 2}{10}} = 178{,}9 \text{ м/с}.$$

Автор этих парадоксальных расчетов, разумеется, заблуждается. Даже на Земле амортизатор должен поглощать намного больше энергии, ибо Земля сама несется вокруг Солнца со скоростью **30 км/с**. Учитывая эти обстоятельства, имеем

$$E_k = \frac{m(v_1^2 - v_2^2)}{2} = 10 \cdot (30\,002^2 - 30\,000^2) \cdot 1/2 = 600\,020 \text{ кДж}.$$

Если же вспомнить, что вместе с Солнцем все объекты на Земле несутся вокруг центра галактики со скоростью примерно 250 *км/ с,* то амортизатор должен поглотить $E_K = 10 \cdot (250\,002^2 - 250\,000^2) \cdot 1/2 = 5\,000\,000$ ***кДж***! Не верится? Можно и по-другому.

Положим, амортизатор тормозит ракету на испытательном стенде в течение **1*с*** , создавая среднее ускорение (замедление!)

$$a = \frac{v_1 - v_0}{t} = \frac{2}{1} = 2 \text{ м/с}^2.$$

При этом пружины его развивают усилие $F = ma = 10 \cdot 2 = 20$ ***кН*** . За эту секунду и станция и транспортный корабль проделывают в космическом пространстве путь около **250 000** ***м*** (в системе координат центра галактики). Действие «силы» в **20** ***кН*** на пути 250000 *м* как раз и дает выход кинетической энергии в **5** ***млрд Дж.*** Можно лишь удивляться, как в таких неимоверных условиях мы рискуем прикасаться друг к другу – ведь каждое касание по космическим расстояниям (а кто мешает нам мыслить свои относительные скорости галактическими категориями?) чревато выделением миллиардов джоулей кинетической энергии!

Эти рассуждения находятся на грани абсурда. Но именно к таким выводам должен прийти ученый, идущий по пути признания эффекта кинетической энергии. Для логически мыслящего механика вывод может быть только один: произведение интенсивности пере-

дачи движения на расстояние, проходимое телом во время контакта, не имеет права на существование как разумная физическая величина, ибо: 1) производную по времени величину интенсивности можно умножать только на время и 2) проходимое телом расстояние как таковое никогда нельзя указать в сколько-нибудь достоверной мере (сиречь – пространство бесструктурно).

Напротив, исчисление количества движения, переданного ракетой амортизаторам при торможении, будет абсолютно одинаковым при любых условных скоростях собственного движения этих объектов и в любой системе координат. В нашем случае оно может составить $\acute{A} = m\Delta v = 10 \cdot 2 = 20$ ***кдэв*** . Существен и следующий нюанс. Если следовать революционной идее Гельмгольца о взаимопревращениях различных видов энергии (в том числе и механической), а также придерживаться буквы закона сохранения энергии, то следует думать, что выделенная при сгорании топлива теплохимическая энергия должна хоть в какой-то степени соответствовать объему кинетической энергии, получаемой движущимся аппаратом от двигателя. В нашем случае амортизацию транспортного корабля мог бы выполнить реактивный двигатель, который за время включения затормозил бы корабль до нужной скорости. Предположим, расход топлива составил **10** ***кг.*** Спрашивается, какова реальная «энергоемкость» ***W*** этих **10** ***кг*** при превращении химической энергии в кинетическую? И вот тут-то выясняется, что при существующем методе расчетов кинетической энергии дать некую объективную цифру нельзя. В условиях покоящейся Земли эквивалентная энергоемкость 1кг топлива будет ***W = E/m = 2 кДж*** ; на околоземной орбите ***W = E/m*** **= 160 020 : 10=16 002** ***кДж;*** на солнечной орбите ***W*** **= 600 020 : 10 = 60 002** ***кДж;*** наконец, в галактических условиях ***W = 5*** **000 000 : 10 = 500** млн ***Дж/кг.*** Ясно, что в этой туманной ситуации ни о каком законе сохранения энергии речи идти не может. Получается, что энергию движения дает кораблю не сгорание конкретного топлива, а абстрактная система координат!

Однако если в данную ситуацию ввести объем механического движения, то он в любой системе координат и при любых условных скоростях объектов даст единственную величину, которая прочно скоррелирует параметры векторно-молекулярного сжатия вещества объектов с объемом химической энергии двигателя и с конкретной величиной массы топлива. (При уже упоминавшихся параметрах **10** ***кг*** горючего дадут **20** ***кдэв*** тормозящего движения. Эта величина, конечно, произвольная – точное значение знает конструктор космических кораблей.)

Неадекватность формул кинетической энергии видна, например, из такого рассуждения. Количество движения у снаряда массой **1** ***кг,*** движущегося со скоростью **100** ***м/с,*** такое же, как у тела массой **100** ***кг,*** имеющего скорость **1** ***м/с, – 100 дэв.*** Это количество движения достигается передачей одной и той же порции темпоральной работы (если она выполняется вне сил трения и сопротивления, скажем, в открытом космосе). Так, реактивный двигатель с тягой **10** ***Н*** за **10** ***с*** разгонит массу **1** ***кг*** (включая свою собственную массу) до скорости **100** ***м/с,*** а массу **100** ***кг*** – до скорости **1** ***м/с*** (в первом случае ускорение составит **10** ***м/с^2*** , во втором – **0,1** ***м/с^2***, в соответствии с соотношением ***a = 1/m).*** Таким образом, данное количество реализованной темпоральной работы (**100** ***дэв)*** дает пропорциональное массе и скорости значение достигнутой «темпоральной энергии».

Пересчитаем то же по параметру кинетической энергии $E_K = mv^2/2$. Тело массой **1** ***кг*** после 10-секундкого разгона будет иметь кинетическую энергию **5 000** ***Дж,*** в то время как тело 100-килограммовой массы будет располагать после затраты такого же количества горючего энергией в 100 раз меньшей (!):

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{100 \cdot 1^2}{2} = 50 \text{ Дж} .$$

Спрашивается, какое природное чудо вызывает столь мощные колебания кинетической энергии тел при одинаковой трате энергии внешней (и теперь уже в одной и той же системе координат)? Ведь, рассуждая дальше, придем к выводу, что снаряд массой в **1** ***т*** наш двигатель за **10** ***с*** успеет разогнать только до скорости **0,1** ***м/с,*** и формульное значение кинетической энергии составит всего **5** ***Дж,*** зато брусочек массой **100** ***г*** мог бы достичь за это время скорости **1 000** ***м/с,*** «получив» от математики гигантскую порцию кинетической энергии:

$$E_k = \frac{0{,}1 \cdot 1000^2}{2} = 50\,000 \text{ Дж (!!)}$$

Кажется, столь резкие перепады в 10 000 раз кинетической энергии тел, обладающих абсолютно одинаковым импульсом, должны бы насторожить ученых. Однако соотношения эти не кажутся большинству чем-то абсурдным, ибо очень различаются результаты контакта быстро движущегося снаряда и медленно надвигающейся тяжелой плиты. Во всяком случае, снаряд производит разрушений гораздо больше, нежели плита. Может быть, не в 10 000 раз больше, но все-таки... Плохо лишь, что мало кто пытается задать вопрос: от-

чего разрушительное действие снаряда выше? Дело здесь не в «количестве» энергии, а в обстоятельствах контакта, диктующихся скоростью столкновения. Прежде всего, при больших скоростях повышается уровень интенсивности в передаче движения. Вспомним, как мы рассчитывали сопротивление воздуха движению: оно зависело от скорости дважды – в связи с увеличением объема сталкивающегося вещества в единицу времени и в связи с увеличением импульса сталкивающихся молекул (отсюда квадратичная зависимость от скорости). Но ведь то же самое наблюдается и при контактировании плотных тел. Количество движения, освобождающееся при полном торможении и снаряда и плиты, будет одинаковым, но график его освобождения будет резко отличаться: у снаряда он составит крутой пик, где значения интенсивности на короткий миг достигнут огромных величин (скажем, сотен килодэв в секунду) с последующим крутым спадом; у плиты график будет пологим и максимальная величина интенсивности, захватывающая сравнительно продолжительное время, может не превысить сотни дэв в секунду. Именно мгновение сверхсильной интенсивности производит и телах значительные разрушения их внутренней структуры (например, кристаллической), чего не в силах дать несравнимо более долгое, но слабое по интенсивности воздействие. Кроме того, при маленьких скоростях контакта значительная доля движения инверсируется, возвращаясь молекулам плиты в виде упругого отражения. Возвратное движение быстрого снаряда меньше по объему и наблюдается при столкновениях с очень прочными телами (гранитными скалами, защитной стальной броней и т.д.).

Заманчиво создать этим двум телам такие условия столкновения, чтобы поставить их хотя бы в минимально сравнимые положения. Это может быть труба, заполненная тяжелой жидкостью с поршнем, выполненным в виде многих рыхлых чешуек из пресс-папье (чтобы устранить неминуемое нагревание быстро летящего снаряда). Движение поршня заставит жидкость в трубе растянуть соединенный с ним резиновый мешок (затратив на это определенный объём работы). При этом стоило бы учесть формы соприкасающихся объектов, присоединив к движущейся плите длинную пику с точной копией снаряда на ее конце. Даже в мысленном эксперименте трудно допустить, что снаряд намного больше заставит надуть резиновый мешок, чем массивная плита, двигающаяся по инерции и плоть до полной остановки. Вспомним хотя бы, как при значительной «убойной силе» пули и снаряды не могут преодолевать сколько-нибудь значительной преграды из грунта или песка, быстро

выдыхаясь в своем поступательном движении. Куда же в таких случаях исчезает чудовищная доля кинетической энергии (нагревание мы попытались устранить рыхлым материалом поршня)? Ответ значительно упростится, если согласиться, что таковой энергии на самом деле не существует и она – плод чисто математических операций.

Итак, обобщая, повторим, что квадратичная зависимость от скорости **v** в механических взаимодействиях, безусловно, присутствует, но она соответствует не величине мифической «механической энергии», а высоте пика интенсивности (I_{max}) в передаче движения. Иначе говоря, если скорость столкновения в два раза больше – пик интенсивности на графике в четыре раза выше; при **v** в три раза большей – I_{max} в 9 раз выше и т.д. Правда, реально зависимость эта сложнее, так как должны учитываться внутренняя молекулярная структура веществ и тел, их пространственная конфигурация, плотность, деформационная податливость материала (упругость, эластичность, пластичность) и т.д. И совсем неправдоподобны допущения о бесконечной величине интенсивности (или F) в абсолютно упругих столкновениях. Понятно, что абсолютно упругие столкновения недостижимы на практике. Но такое понятие вообще должно быть устранено в будущем из механики, ибо оно противоречит процессу передачи движения, осуществляемому в конечные промежутки времени с помощью волны молекулярного сжатия. Бесконечная величина $I(F)$ затеняет и часто снимает с повестки дня вопрос об индивидуализированном графике изменений, как правило, неравномерных и весьма прихотливых.

В стойкой приверженности физиков к формуле кинетической энергии $E_K=mv^2/2$ видится нам атавизм, оставшийся с тех времен, когда пространство мыслилось абсолютным, структурированным и его надо было «преодолевать», как бы «пропахивать», причем каждая его пядь при этом должна была сопротивляться движению. Вспомним воззрения Аристотеля, а также зеноновские парадоксы о движении или вопросы древних: что движет стрелу в полете? Еще в эпоху Галилея наука разрешила эти вопросы, введя представления об инерционном движении, не требующем никакой подпитки внешней энергии. И вот, как это ни парадоксально, в наши дни приходится доказывать, что использование формулы $E=mv^2/2$ постоянно нагружает инерционную часть пути якобы необходимой для ее преодоления лишней энергией. Но разве не ясно, что инерционный путь вообще не требует для своего преодоления никакой энергии и никакого внешне подводимого движения! Уберем из формулы

$m\mathbf{v}^2/2$ всю инерционную часть пути, квадратично растущую с увеличением скорости, и мы получим то элементарное $m\Delta\mathbf{v}$, которым мы и пользовались при всех расчетах передачи движения! Производная из $(m\mathbf{v}^2/2)'$ и есть $\mathbf{mv}$.

Заметим, впрочем, что использование понятия кинетической энергии в земных условиях редко обнажает свои кричаще неадекватные значения. Дело в том, что большинство движений под действием «силы» довольно скоро приходит к равномерным движениям, ибо трение и противодействие воздуха или других сред нейтрализует поступление движения от движителя. Это значит, что объемы движения, замеряемые по правильному расчету $Å = It$, довольно близко совпадут с замеряемыми по пройденному расстоянию ($A = IS$). В космических условиях это невозможно, ибо параметр пути будет прирастать квадратично относительно времени работы двигателя. В земных условиях, наоборот, это правдоподобно, так как при постоянной скорости величина пути прямо пропорциональна времени движения. Значит, правильное $Å = It$ можно условно сменить на пропорциональное ему $A = IS$. Это не очень скажется на практических измерениях, которые ведутся к тому же в таких эфемерных единицах, как механический джоуль (все расхождения здесь списываются на тепловые и прочие потери, которых действительно трудно избежать). Однако принцип расчетов все равно остается некорректным.

Остается пожелать экспериментаторам провести серию кропотливых исследований, повторив подвиг Джеймса Джоуля, и установить эквивалентные отношения между единицей тепловой энергии и количеством движения (в дэвах), потребного для созидания одного джоуля тепла.

ЕЩЕ О ПРУЖИНЕ

Некорректность понятия кинетической энергии маскируется и некоторыми наблюдаемыми явлениями, прямая интерпретация ко-трых может укреплять доверие экспериментатора к формуле $E = mv^2/2$. Например, действие пружины также принято объяснять запасаемой в пружине потенциальной энергией, которая при известных условиях превращается в энергию кинетическую. Величину потенциальной энергии пружины принято выражать формулой

$E_{пот} = \frac{k\Delta l^2}{2}$, где k – коэффициент жесткости; Δl – деформационное изменение длины пружины, равное $\Delta l = l_o - l_i$ (l_o – длина пружины в свободном состоянии, l_i – длина ее в деформированном состоянии i).

Ранее мы показали, что пружина запасает в себе некоторый объём движения p_i ,который постоянно и векторно перемещается внутри вещества по замкнутому кольцевому контуру. Как только контур разрушается, плененная порция движения мгновенно вырывается наружу, передвигая или разрушая предметы, вызывая затухающие колебания свободного конца пружины. С этой точки зрения, нет никакой необходимости в идее превращения энергии из потенциальной в кинетическую, а затем осуществления с помощью последней механической работы. Но сами расчеты потенциальной энергии пружины в рамках общей концепции механической энергии выглядят достаточно корректными, чем и провоцируют исследователей на ложный путь. В самом деле, как мы видели, максимальная скорость распрямляющегося свободного конца пружины пропорциональна величине деформации $\Delta l = (l_o - l_i) \sim v_{i\ max.}$ Следовательно, расчет величины освобожденного движения находится в прямой пропорции от v_i и Δl ($p = mv_i$). Расчет же потенциальной энергии пружины находится в квадратичной пропорции от v: $\left(\frac{mv^2}{2}\right)$ и $\Delta l : \left(\frac{k\Delta l^2}{2}\right)$ Математически оба результата ожидаемы и закономерны, однако использование идеи количества движения позволяет высветить многие тонкие эффекты, умалчиваемые в теории потенциально-кинетической энергии. Укажем, что сама по себе пружина не может запасти движения более определенного количества, описываемого формулой $p = \sqrt{mF(l_0 - l_{\min})}$. Поэтому в условиях, когда движущееся с большим импульсом тело врезается в пружину, она сокращается по закону Гука только до величины $l_o - l_{min}$ пропорционально показателю F, после чего сокращение идет по типу сжатия твердого тела.

Зададим теперь вопрос: как деформируется пружина во всех случаях столкновения с ней? Мы уже описали случай, когда пружина массой $m = 2$ *кг,* длиной $l_o = 1$ *м,* $l_{min} = 0{,}2$ *м* и емкостью $F = 400$ *Н* запасает и реализует при распрямлении движение в объеме $p = \sqrt{mF(l_0 - l_{\min})} = 25$ *дэв*.

Укрепим такую пружину на твердой массивной платформе и начнем сталкивать с ней движущиеся с разной скоростью тела различной массы. Может показаться, что сжать такую пружину до конца могут все тела, имеющие запас импульса **25** *дэв.* (Импульс тела целиком переходит во внутреннее кольцевое движение молекул пружины.) Подобным импульсом $p = mv$ обладают шар массой $m = 2{,}5$ *кг,* имеющий скорость $v = 10$ *м/с,* и чугунная болванка массой $M = 250$ *кг,* катящаяся со скоростью $V = 0{,}1$ *м/с.*

Будет ли результат столкновения в обоих случаях адекватным? Оказывается, нет, ибо чем медленнее движется тело, тем большая доля импульса уходит на удержание пружины под напряжением. Согласно формуле $p = \int F dt$, каждое мгновение деформированная пружина «съедает» порцию движения, пропорционального интенсивности ($I = F$) и времени упругого действия. Расчеты показывают, что снаряд при скорости $v = 10$ *м/с* сожмет пружину до отметки $F_i = 353{,}55$ *Н*, в то время как масса $M = 250$ *кг* при скорости $V = 0{,}1$ *м/с* достигнет отметки $F_i = \sqrt{\frac{F_{полн} M}{l_0 - l_{min}}} = 35{,}3$ *Н*. Это значит, что в первом случае собственно пружина запасёт $p_i = F_i \sqrt{\frac{m (l_0 - l_{min})}{F_{полн}}} = 22{,}36$ *дэв*, а во втором – $p_i = F_i \sqrt{\frac{m (l_0 - l_{min})}{F_{полн}}} = 2{,}24$ *дэв* (*в* 10 раз меньше!). Оставшаяся часть будет передана молекулярному движению внутри неподвижной плиты и внутри движущегося тела (как при удержании пружины с помощью работающего реактивного двигателя).

Разнятся результаты столкновения и в рамках теории запасаемой потенциальной энергии пружины, хотя цифровые соотношения другие. Напомним, что потенциальная энергия пружины считается пропорциональной квадрату Δl. Такой же полагают зависимость кинетической энергии от скорости тела $E_{кин} = mv^2/2$. В нашем случае шар с массой $m = 2{,}5$ *кг* и скоростью $v = 10$ м/с имеет кинетическую энергию $E = \frac{mv^2}{2} = \frac{2{,}5 \cdot 10^2}{2} = 125$ *Дж*. Болванка с $M = 250$ *кг* и скоростью $V = 0{,}1$ *м/с* имеет $E = \frac{250 \cdot 0{,}1^2}{2} = 1{,}25$ *Дж* (импульс в системе координат пружины у них одинаков - 25 *дэв*). Деформация Δl в первом случае имеет величину

$$l_0 - l_i = \frac{F_i (l_0 - l_{min})}{F_{полн}} = 0{,}707 \text{ м } (F_i = 353{,}55 \text{ Н}),$$

а во втором - $\Delta l = \frac{F_i (l_0 - l_{min})}{F_{полн}} = 0{,}0707$ *м* ($F_i = 35{,}3$ *Н*). Значит, согласно формуле $E_{пот} = \frac{k \Delta l^2}{2}$, запас потенциальной энергии в

первом случае в **100** раз больше, ибо $\mathbf{0{,}707^2 : 0{,}0707^2 = 100}$. В джоулях – соответственно **125 : 1,25**.

Адекватность подобных отношений приводит к мысли, что кинетическая энергия движущихся тел действительно целиком превращается в потенциальную энергию пружины и действительно согласно формуле $E = \frac{k \Delta l^2}{2}$. Для приведения корреляции достаточно установить численную величину k. (В нашем случае $2k = E/\Delta l = 250{,}075$ **Дж/м**^{2} .)

Будем особенно внимательны к этим эффектам. Математическая модель действует непротиворечиво и в одной, и в другой теории. Но физическая суть очень разнится. Например, согласно отстаиваемой нами идее, имеющийся у движущегося тела импульс расходуется в точке ***i*** до нуля: часть его идет на запас кольцевого движения в пружине, другая передается молекулам плиты, к которой пружина крепится, а частично – и самому движущемуся телу в виде возвратного упругого движения. Согласно энергетической модели, весь объем кинетической энергии переходит только в потенциальную энергию самой пружины.

Обратим пристальное внимание на следующее обстоятельство. Если б не было массивной плиты, пружина сама по себе не смогла бы остановить снаряд. Представим ситуацию, когда движущийся предмет ударяется о пружину, скрепленную с телом такой же массы, как и сам снаряд. Этот случай будет в точности напоминать столкновение двух одинаковых упругих тел, лишь несколько замедленное в своих фазах. Пока пружина сжимается, собирая в себе внутреннее молекулярное движение, она одновременно передает объем движения скрепленному с ней телу. В результате двигавшийся снаряд останавливается, а покоящееся тело обретает его скорость. Таким образом исходный импульс передается через процесс сжатия пружины. То же происходит в случае, когда масса покоящегося тела намного превосходит массу снаряда (например, скала, жестко связанная с телом Земли). Давящее действие пружины вызывает в покоящемся теле внутренние векторные движения молекул, утилизуя часть импульса, которая тут же отдается в виде возвратного движения снаряда. Если сжатую ударом пружину зафиксировать, жестко скрепив с покоящимся телом, она образует с последним замкнутый кольцевой контур, по которому циркулирует порция плененного движения. Это движение распространяется не только на вещество пружины, но и на огромную массу молекул покоящегося тела (стоит запомнить эту мысль). Значит, деформиро-

ванная и зафиксированная в этом состоянии пружина обладает запасом движения не сама по себе, а только в симбиозе с удерживающим ее устройством. Это важный вывод, который не вытекает из энергетических представлений (здесь энергия, наподобие воды, запасается именно в самой сжатой пружине).

Эффекты действия пружины весьма не очевидны и, рискуем сказать, еще плохо изучены. Дальнейшие розыски выглядят парадоксальными. Скажем, зафиксированная на отметке **353,55** ***Н*** пружина нашего опытного динамометра была сжата движением тела массой ***m* = 2,5** ***кг*** с начальной скоростью **v = 10** ***м/с.*** Приставим теперь к свободному концу зафиксированной пружины чугунную болванку массой ***M* = 250 кг** и отпустим крепежный механизм. Плененная порция движения начнет разгонять болванку и теоретически придаст ей скорость $V = \sqrt{\frac{F\Delta l}{M}} = F_i\sqrt{\frac{l_0 - l_{min}}{F_{полн}M}} \approx 1\,м/с$. Этот результат чрезвычайно интересен. С точки зрения энергетической теории он само собой разумеющийся, ибо $E = \frac{MV^2}{2} = \frac{250 \cdot 1^2}{2} = 125\,Дж$, то есть, равен величине запасенной потенциальной энергии пружины. С точки же зрения расчетов импульса он может обескуражить, ибо действие пружины порождает ***P* = *MV* = 250** ***дэв*** движения, в то время как вложено на предварительное сжатие **25** ***дэв.*** Тем более удивительно, что телу массой **25** ***m*** пружина теоретически могла бы придать скорость **0,1** ***м/с,*** где ***E* = *M*V^2/2 = 125** ***Дж,*** а **P = MV = 2500** ***дэв*** и т.д. до бесконечности!

Первая (и естественная) реакция на подобные выкладки: значит, энергетическая модель действия пружины верна, а данные по количеству движения некорректны. Однако если мы ретируемся в данной действительно сложной ситуации, то рискуем проглядеть феномены механики огромной важности.

Дело в том, что формулы энергии лишь на первый взгляд кажутся непротиворечивыми. Отражая стабильность величины энергии ***E* = *M*V^2/2** относительно уровня деформации пружины, они показывают математическое соответствие между величинами импульса и энергии: $p = \sqrt{2Em}$. Сегмент же, классифицируемый физиками как величина элементарной механической работы ***A* = *FS***, входит составной частью в формулу импульса, порождаемого распрямляющейся пружиной: $p = \sqrt{mF\Delta l}$ $(\Delta l = S)$. Величина ***FS*** в этой формуле является константной, ибо зависит от показателя динамометра и длины пути, проделываемого пружиной при распрямлении. Но всякую ли формульную константу стоит объявлять

реально существующей субстанцией, да еще универсального значения? Самое же показательное то, что формула потенциальной энергии пружины все равно не объясняет, каким образом массивным телам передается подчас огромное количество движения и откуда оно берется. Ведь, согласно закону сохранения импульса, импульс не уничтожим, но и не произвольно порождаем. Реализоваться может лишь то, что уже существует. И тем не менее мы помним, что пружина была сжата импульсом $p = mv = 2{,}5 \cdot 10 = 25$ *дэв*. Откуда же взялась сказочная порция $P = MV = 25\,000 \cdot 0{,}1 = 2500$ *дэв*?! Или теории, связанные с количеством движения, вообще неверны?

Вспомним, что аналогичная ситуация с неограниченным ростом относительной величины импульса нам уже встречалась в условиях, когда разогнанный небольшой шар врезается в шеренгу других шаров, расположенных по нарастанию массы. Тогда уже высветилась относительность величины импульса как такового, не имеющая субстанционального физического значения (скорость ведь относительна). Стоит изменить систему координат – и сознание легко примирится с тем же самым процессом. В нашем случае тоже необходимо изменение точки зрения.

Итак, что значит расталкивающее (сжимающее) действие пружины? Предположим, наша деформированная пружина с показателем $F_1 = 353{,}55$ *Н* помещена между двумя чугунными болванками массой по **250** *кг* и начинает распрямляться. В неподвижной системе координат скорость каждой болванки нарастает от нуля до V_1, приобретая по **125** *дэв* движения ($P = MV_1 = 250 \cdot 0{,}5$). Тогда и возникает вопрос: откуда этот импульс берется?

У природы нет ориентира покоя или движения с определенной скоростью. Как только мы помещаем пружину между двумя болванками – последние образуют с ней сложный механический объект, поведение которого порождено самим этим симбиозом. В первый же момент контакта массивные болванки уже не являются покоящимися. Чтобы удерживать пружину в деформированном состоянии, они должны бы подавать на ее края по **353,55** *дэв* движения в секунду, что соответствует ускорению $a = F_i/M = 1{,}414$ *м/с*^{2}. Так как подобного движения в постоянном режиме болванки не обеспечивают, идет симметричный процесс, разгоняющий в противоположные стороны сами болванки. На пути $S = 0{,}35$ *м* (половина от $\Delta l = 0{,}707$ *м*) скорость каждой болванки достигнет $V_1 = \sqrt{\frac{a}{2} S} = 0{,}5$ *м/с* (половина исходного ускорения берется из рас-

чета падения его по мере падения $a_{ср} = \frac{a-0}{2} = \frac{a}{2}$).

Таким образом, две болванки разгоняются в обе стороны до **0,5** ***м/с*** и их суммарный импульс относительно друг друга и нулевой отметки скорости становится $\mathbf{2MV_1 = 2 \cdot 250 \cdot 0{,}5 = 250}$ ***дэв.*** Если же один конец пружины будет наглухо закреплен в массивной плите, то скорость одной болванки массой **250** ***кг*** достигнет **1** ***м/с*** с импульсом **250** ***дэв,*** что и нужно было показать. Пружина здесь выступает в качестве особого катализатора, проводника движения, ресурсы которого черпаются в инерционных свойствах вещества. Ведь если на конце пружины не будет одного из массивных тел – она распрямится, практически не сдвигая другое тело. Противолежащая масса, подпирая упругое действие пружины, способствует изменению скорости другого тела, и наоборот. Фактически в системе трех объектов формируются два симметричных импульса $\boldsymbol{P}$ и $\boldsymbol{-P}$, направленные в противоположные стороны. Конечно, эти импульсы не рождаются из «ничего». Их парное симметричное формирование – факт относительности пространства, скоростей и конкретных величин импульса.

Все эти тонкие эффекты энергетическая теория не рассматривает, ибо они исчезают за однозначностью ее квадратичных формул. «Приключения» количества движения прячутся в математическом обмане пропорциональных соответствий $\frac{mv^2}{2} \sim \frac{k\Delta l^2}{2}$. Но обе величины иллюзорные. Их взаимосовпадение имеет не собственно физический, а математический характер.

Сильной стороной теории передачи импульса является то, что она рассматривает действие пружины не изолированно (как в теории потенциальной энергии пружины), а в сложновзаимодействующей системе из пружины и массивных тел. Прирост движения, реализуемый в этой системе, есть результат особой работы молекул всех тел, входящих в систему, а не только собственно пружины.

Действие мышц человека поразительно напоминает действие пружин. Это обстоятельство позволяет рассчитывать различные проявления мышечной активности. Например, можно предсказать длину полета ядра, которое толкает спортсмен. В самом деле, если известны максимум мышечного усилия, развиваемого рукой, плечом и туловищем спортсмена, например $\boldsymbol{F = 1000\ H}$, длина хода руки и туловища $\boldsymbol{l = 1{,}5\ м}$, масса ядра $\boldsymbol{m = 7{,}5\ кг}$, высота подъема руки над плоскостью спортивной площадки $\boldsymbol{h = 2\ м}$ и угол вылета ядра $\boldsymbol{\alpha = 45^{\circ}}$ (наиболее оптимальный угол), то легко прогнозировать ре-

зультат толчка. Скорость вылета ядра находится из формулы $v_0 = \sqrt{\frac{Fl}{m}} = \sqrt{\frac{1000 \cdot 1\,5}{7,5}} = 14,14 м/с$. Разложение этой поступательной скорости на составляющие вертикальную **v↑** и горизонтальную **v→** при оптимальном угле $\alpha = 45^o$ даст $v\uparrow = v\rightarrow = v_0 \sin\alpha = 10$ *м/с*. Далее найдем время $t\uparrow$, которое будет продолжаться подъем ядра до отметки h_{max}: $t\uparrow = v/g = 1,02$ **с**, и рассчитаем время полета его вниз с высоты h_{max}. При этом

$$h_{max} = h + \frac{v\uparrow^2}{2g} = 7,1 м ; t\downarrow = \sqrt{\frac{2h_{max}}{g}} = 1,2 с .$$

Общее время полета ядра $t = t\uparrow + t\downarrow = 2,22$ **с**. Отсюда определим расстояние $S = t\, v\rightarrow = 22,2$ *м* (без учета тормозящего действия воздуха), что вполне соответствует реальным рекордным достижениям.

С этими же исходными параметрами метатель отправит копье массой **2 кг** на расстояние, определяемое обобщенной формулой

$$S = \left(\sqrt{\frac{2Fl}{4g^2m} + \frac{2h}{g}} + \frac{1}{g}\sqrt{\frac{Fl}{2m}}\right)\left(\sqrt{\frac{Fl}{2m}} + v_0\right) = 89,08 м ,$$

где F – начальное мышечное усилие (**1000** *H*); l – ход замаха (**1,5** *м*)\ m – масса копья (**2** *кг*); h – высота, с которой копье уходит в небо под углом $\alpha = 45^o$ (**2** *м*); g – гравитационное ускорение (**9,8** $м/с^2$); v_0 – скорость, развиваемая копьеметателем при разбеге (**6** *м/с*).

Эти же выкладки можно применить для расчетов прыжков в длину. Например, при толчке с начальной силой **F = 3 000 Н**, длине разгиба ноги $l = 0,5$ *м*, скорости разгона $v_0 = 8$ *м/с*, массе прыгуна $M = 70$ *кг* и перепаде высоты центра тяжести в толчке и приземлении $h = 0,5$ *м* формула

$$S = \left(\sqrt{\frac{2Fl}{4g^2m} + \frac{2h}{g}} + \frac{1}{g}\sqrt{\frac{Fl}{2m}}\right)\left(\sqrt{\frac{Fl}{2m}} + v_0\right)$$

даст результат **8,973** *м* без учета сопротивления воздуха. Американский прыгун Боб Бимон, как известно, преодолел **8** *м* **90** *см*.

Прыгун в высоту с теми же параметрами достигнет начальной вертикальной скорости $v\uparrow = \sqrt{Fl/m} = 4,629$ *м/с*. Высота взлета $h = v^2/2g = 1,082$ *м*. Это кажется немного, но ведь реально высоту определяет подъем центра тяжести. Если этот центр расположен на высоте **1,2** *м*, то планку можно ставить на высоте **2,28** *м*, что опять-таки близко мировым достижениям.

Можно решать и противоположные задачи. Скажем, необходимо создать метательный аппарат, который забрасывал бы ядро массой

50 кг на расстояние **200 *м***. Если делать длину пружины l_{max} **= 2 м**, то показатель **Fi** , на динамометре такой пращи» должен составить $F = v^2 m / l_{max} = 24{,}5$ ***кН*** (примерно **2,5 *т*)**.

Взаимодействие мускулатуры человека с упругим веществом Земли и окружающих предметов, участвующих в формировании их движений, видимо, дает огромный выигрыш в затратах собственного движения, вырабатываемого мышцами. Рассмотрим следующий пример. Человек с массой ***M* = 80 *кг*** забирается за **5 *мин*** на 10-й этаж здания. Реактивному двигателю для выполнения сходной операции необходимо создать при ***M* = 80 *кг* , *t* = 300 *с* , *h* = 30 *м*** ускорение (включая преодоление ускорения свободного падения $a = 2h/t^2 + g = 9{,}81$ ***м/с***^{2}). Его тяга при этом составит ***l* = *Ma* = 784,8 *дэв/с* .** Для поддержания такой тяги должно сгорать ежесекундно **0,392 *кг*** топлива, превращающегося в раскаленные газы, бьющие в стенку двигателя со скоростью **2000 *м/с***. (При этом мы не делим эту массу пополам, имея в виду, что окислитель – кислород можно брать из воздуха). За **300 *с*** такой двигатель израсходует $m = It/v = 117{,}7$ ***кг*** горючего, что больше первоначальной массы двигателя. Вот цена безопорного движения. Человек же теряет при подъеме не более **100 – 200 *г*** белков и углеводов, которым при этом не надо развивать космических скоростей сгорания.

Принцип действия пружин проливает свет на интереснейшую проблему движения механизмов в условиях земного тяготения. Суть в том, что колеса автомобиля, опираясь на грунт, работают подобно своеобразной пружине, сжимая вещество дороги и получая противоположно направленную скорость. Грунт же выталкивает колесо вперед по направлению движения. При этом импульс, подаваемый на обод быстрым вращением двигателя, может быть гораздо меньше импульса, толкающего массивный автомобиль или поезд.

Это рассуждение не лишено основания. Простой подсчет показывает, что передача движения с помощью сгорания топлива в условиях опоры на грунт и в космических условиях сильно разнится. Ракета, взмывающая вверх только на толкающем усилии раскаленных газов, тратит огромные количества топлива. В двигателе внутреннего сгорания автомобиля может сгорать лишь **2 – 3 *г*** топлива в секунду. Каждый реализованный дэв здесь требует подчас в 200 – 300 раз меньше топлива, нежели при реактивном движении. Объяснение этого феномена возможно лишь двумя путями: 1) скорость, развиваемая сгорающими газами в двигателе внутреннего сгорания, превышает **500 *км/с;*** 2) количество движения, рождающееся при

сгорании газов, накачивается в своеобразную пружину: двигатель – колеса – грунт.

Построим следующий двигатель. К массивной плите прикрепим пружину, которую сжимает быстро движущийся легкий снаряд. Как только сжатие достигнет максимума, включается особый механизм, передающий импульс медленно распрямляющейся пружины массивному телу. Рассмотрим возможный результат на конкретном примере. Снаряд массой 1 *кг* на скорости $\mathbf{v_o = 100\ м/с}$ сожмет пружину емкостью $\boldsymbol{F_{max} = 6\ 000\ Н}$ (при $\boldsymbol{l_{max} = 2\ м}$ и $\boldsymbol{l_{min} = 0{,}2\ м}$) до отметки $\boldsymbol{F_i = 5\ 773{,}5\ Н}$. При распрямлении же пружины тело массой $\mathbf{M = 1\ 000\ кг}$ достигнет скорости

$$V_1 = \sqrt{\frac{F\,(l_{max} - l_{min})}{M}} = 3{,}22\ м/с\,.$$

С каждой такой операцией скорость массивного тела будет возрастать и после 10 циклов может достигнуть **32,2 *м/с*.** Посмотрим на эту ситуацию с практической стороны. Разгон 10 снарядов до скорости $\mathbf{v_o = 100\ м/с}$ потребует затрат **1 000 *дэв*** движения, что можно было бы реализовать с помощью **1 *кг*** горючего, выбрасываемого реактивными струями со скоростью $\mathbf{v = 2\ 000\ м/с}$ ($\boldsymbol{p = mv^2 = 1000\ дэв}$). Но массивное тело получит при этом импульс $\mathbf{P = MV = 32{,}2\ кдэв}$, на что при разгоне реактивной тягой необходимо было бы сжечь горючего в 32,2 раза больше (32,2 *кг*). Это – ощутимая экономия.

Проблема такого двигателя заключается в том, что трудно подавать дополнительные порции импульса от распрямляющейся пружины уже движущемуся телу. Да и сама упорная плита будет постепенно набирать противоположную скорость. Надо либо разгонять плиту до скорости пробного тела, либо все время менять плиты. По счастью, такие трудновыполнимые условия нашли воплощение в нашем повседневном опыте. Земля – идеальная упругая плита. Гравитационное ускорение не дает возможности отрываться от нее в процессе движения. Нога человека, колеса, гусеницы машин работают в режиме упругих пружин или даже системы пружин, передающих массивным телам импульс, предварительно запасаемый быстрыми направленными движениями молекул мышц, двигателей, других механических устройств. При этом реализуемое количество движения подчиняется формуле

$$p = \sqrt{F_i S m}\ (S = l_{max} - l_i)\,.$$

Обратим внимание, что произведение $\boldsymbol{F_iS}$ напоминает формулу элементарной работы силы на пути **S**, откуда становится понятным, почему для описания действия пружин удобно применять понятие кинетической энергии и механической работы, вычисленное в джо-

улях. Однако это вовсе не доказывает субстанциональность энергии, ибо во многих физических формулах есть множество константных для данных условий сегментов, которым при большом желании можно было придать статус неких реальных сущностей. Например, в формуле всемирного тяготения Ньютона можно было бы выделить сегмент $\boldsymbol{M_1M_2}$. В формуле космической скорости освобождения $v = \sqrt{2gR}$ можно было бы конституировать сегмент $\boldsymbol{gR}$ и т.д.

И все-таки способность пружин инициировать подчас огромные дозы импульса (для тел с большими массами) не перестает удивлять. Что-то есть в пружине такое, чего мы еще не можем до конца объяснить. «Запасание» пружиной энергии или импульса – слишком поверхностное описание этого феномена. С одной стороны, понятно, что если пружину сжимают (или растягивают), в ней происходят сложные молекулярные перестройки, являющиеся причиной упругих свойств. С другой – есть ли у нас уверенность, что в недеформированном состоянии пружина лишена этих качеств? Видимо, нет. Спокойная пружина уже находится под влиянием мощного внутреннего молекулярного движения векторного типа (она ведь эффективно сжимается, расширяется, закручивается или раскручивается обычно в одном каком-либо направлении). Кроме обычных упругих свойств вещества у пружин есть и дополнительные свойства – замедлять передачу движения и его инверсию. А для всего этого нужны большие внутренние запасы векторного движения, спрятанные в электромагнитных взаимодействиях молекул.

Пружина скорее всего не просто накапливает энергию. Она интенсивно сопротивляется сжатию (или растяжению) с первых же мгновений давления на нее. Но раз сопротивляется, значит, у нее изначально есть что-то противодействующее внешнему движению. Это мощное векторно-направленное внутреннее движение, интенсивность которого нарастает по мере деформации, имеет, видимо, солидный стартовый порог. Поэтому для преодоления сопротивления деформациям необходим некоторый минимальный уровень импульса движущихся в направлении пружин тел. Меньшая величина не сможет перебороть внутреннее движение в пружине.

Мы уже говорили, что отнюдь не всякая скорость удара тел разной массы при равных импульсах приведет к пропорциональной упругой деформации пружины. Идеальной является скорость удара, равная максимальной скорости распрямления пружины. Значительные отличия скорости удара как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения ведут к «ухудшению» и снижению качества уп-

ругого взаимодействия. Эти обстоятельства ставят серьезные практические преграды действию формулы $p = \sqrt{F_i S_m}$.

Справедливо и обратное. Слишком малые или слишком массивные тела при разгоне с помощью пружин не могут реализовать весь обьем импульса, диктуемый отношениями формулы $p = mv$. Чем меньше масса ускоряемого тела, тем меньше отличие достигнутой скорости от скорости кончика распрямляющейся пружины, а значит, все время будет уменьшаться реальная величина достигнутой скорости, которая по формулам должна расти обратно пропорционально уменьшению массы. Превысить же скорость свободно распрямляющегося конца пружины нельзя – и это первый барьер в реальном действии пружины. Вряд ли сможет достигнуть формульной скорости и очень массивное тело, отталкиваемое сжатой пружиной, ибо интенсивности, развиваемой пружиной, может не хватить для сдвига тела (волна молекулярного сжатия просто не докатится до крайней молекулы тела, растворяясь в хаотических тепловых колебаниях). Если пружина не очень мощна, а масса отталкиваемого ею тела сравнительно велика, при распрямлении обязательно наступит момент, когда монотонно убывающая интенсивность F станет меньше той пороговой величины, которая еще способна увеличивать скорость тела. Это второй барьер.

Иными словами, формула $p = \sqrt{F_i S_m}$ описывает действие пружины в идеале. На практике будут существовать граничные условия скоростей и масс тел, участвующих в актах сжатия и распрямления пружин. Конкретные величины здесь будут зависеть от многих свойств самой пружины (длины, упругости, деформационной стойкости) и от качеств тех механических тел, с которыми пружина взаимодействует (материал, масса, упругость, форма и т.д.). Эти параметры каким-то образом связаны с объемом внутреннего молекулярного движения, циркулирующего по веществу пружины в спокойном и деформированном состоянии.

ГРАВИТАЦИЯ И ВЕС

Ранее мы договорились считать все гравитационные движения разновидностями инерционно-прямолинейного движения, тем более что встретить его где-либо во Вселенной практически невозможно. (В этом плане равномерно-прямолинейное движение есть недостижимый символ движения как такового, в отсутствие каких бы то ни было гравитационных масс, т.е. в абсолютно пустой Вселенной.) Мы не знаем пока конкретных механизмов, которые заставляют тела вблизи гравитационных объектов каждое мгновение

укорачивать свои расстояния до последних на некоторую величину. Ясно, однако, что этот процесс вряд ли сложнее по принципам ежесекундного укорочения расстояний до объектов при равномерно-прямолинейном движении. Во всяком случае, для объяснения гравитационных траекторий вовсе не обязательны силовые представления.

Когда же можно ощутить действие тяготения? В естественном гравитационном движении, протекающем в условиях невесомости, ни один прибор не сможет определить конкретную величину гравитационного воздействия, кроме локатора, соединенного с компьютером для вычисления отклонений от равномерно-прямолинейного пути. Однако каждый из нас ощущает действие тяготения на Земле, но проявляется оно в другой ипостаси. Тяготение становится ощутимым, как только что-либо начинает препятствовать осуществлению, гравитационной траектории. Как заметил Галилей, мы ощущаем груз на наших плечах, когда стараемся мешать его падению.

Важно понять, что «сила тяжести» заключается вовсе не в падающих или лежащих на поверхности телах. Она – не что иное, как противодействие грунта, воды, воздуха, крепежных механизмов свободному инерционному падению тел. В этом ракурсе тяготение, тяжесть осуществляются как взаимное давление молекул тел и земного грунта, препятствующих свободному падению этих тел к центру планеты. Здесь есть точки соприкосновения с процессами передачи движения, где также наблюдается эффект молекулярного сжатия вещества.

Уточним, каков физический смысл операции взвешивания. Положив на пружинные весы груз, мы тормозим тем самым его естественное инерционное состояние свободного падения. Если бы упругая подставка весов внезапно проломилась и под ней обнаружилась вертикальная шахта, груз устремился бы вниз с ускорением $\mathbf{9{,}8\ м/с^2}$. Упругое противодействие молекул подставки и пружины, однако, этому мешает.

Взвесить груз можно и в открытом космосе, вдали от гравитационных масс. Для этого необходимо подцепить его упругой подставкой весов и начать разгонять последние с ускорением $\mathbf{9{,}8\ м/с^2}$ (или любым другим – тогда изменится масштаб измерения). Если бы подставка проломилась, весы стали бы удаляться от взвешиваемого тела с ускорением $\mathbf{9{,}8\ м/с^2}$. Но так как этого не произойдет, пружина покажет то же растяжение, что и на Земле. Это рассуждение ведет к знаменательному результату. Показания весов в космосе и на Зем-

ле совпадают отнюдь не случайно. При всех формальных различиях операций взвешивания – одна протекает в состоянии покоя, для другой требуется постоянное ускорение – они удивительно сходны, или точнее – тождественны. В том и другим случае мы пытаемся изменить естественное в широком смысле инерционное состояние тел. В первом мы тормозим свободное падение, во втором с той же настойчивостью мешаем телу покоиться в своей собственной системе координат.

Альберт Эйнштейн, разделяя удивления физиков о точнейшем совпадении мер инертной и гравитационной масс (одну из которых измеряют путем соответствующего ускорения, а другую – в условиях гравитации), предложил считать эти массы эквивалентными. Более широкий подход к трактовке инерционных движений (среди них и всех видов гравитационных) позволяет еще решительнее утверждать, что инерционная масса и гравитационная масса – это одно и то же. Значит, мера совпадения не может быть удивительной. Странным выглядело бы именно несовпадение результатов замеров.

Ускоряя тела с помощью подводимых порций движения (как в космосе, так и на Земле), мы создаем в них «псевдотяжесть», т.е. векторное сжатие или растяжение молекул вещества. Этот эффект абсолютно тождествен обычной тяжести. И тут и там происходит противодействие инерционному состоянию объектов. Следовательно, кавычки здесь излишни. Давление тяжести, которое развивает грунт Земли или атмосфера, тормозя свободное падение тел, абсолютно тождественно по природе давлению тяжести, которое создает задняя стенка ракеты при реактивном ускорении своего полета в космосе, или давлению тяжести, развиваемому бортом автомашины при резких поворотах, изменяющих ее инерционный прямолинейный путь. Во всех этих случаях речь должна вестись о едином явлении веса – давления – тяжести и только об одной массе – инерционной в широком смысле слова.

Раз грунт тормозит свободное падение тел, значит, он совершает работу. Проще всего в этом убедиться, анализируя падение в воздухе. Парашютист выбросился из кабины самолета и начинает падать. В первый момент ускорение падения будет очень близким к $\boldsymbol{g}$ и тело парашютиста будет находиться в состоянии невесомости. Однако при нарастании вертикальной скорости молекулы воздуха начнут оказывать все большее и большее противодействие свободному падению, пока ни сведут его вообще к равномерному (практика показывает, что парашютист не может развить скорость в нижних слоях атмосферы, превышающую **60** ***м/с).*** Эта ситуация равносильна той,

если бы в открытом космосе человека сдувала струя воздуха, создавая ему спектр ускорения от очень маленького до **9,8** ***м/с*^{2}**.** Ощущение невесомости быстро исчезает, сменяясь сначала ощущением маленького веса, а по достижении равномерной скорости – нормального земного.

Есть другой опыт, показывающий необходимость совершения работы для удержания груза от свободного падения. Например, механизмы на воздушной подушке или ракета, зависающая в воздухе. Двигатели должны создавать такие порции движения и такие ускорения, чтобы полностью нейтрализовать естественное ускорение свободного падения. Легко рассчитать потребное количество движения для сдерживания свободного падения. Для ракеты массой **1000** ***т*** ежесекундные траты темпоральной работы составят **Å= *It* = 9800** ***кдэв*.** За **100** ***с*** работы двигателя будет передано **980** ***млн дэв*** движения. Следовало бы ожидать, что и грунт, чтобы держать на себе массу в **1000** ***т,*** должен создавать соответствующие объемы нового движения. Возникает вопрос: откуда берутся и куда деваются неимоверные количества движения, противодействующие падению вещества к центру планеты? Ранее такой вопрос не мог возникнуть, ибо ни о каком движении и его передаче речь не велась. Теперь, когда мы вводим понятие статических форм движения (давления, натяжения, упругих деформаций), следует пояснить возникший парадокс. Дело в том, что этих мифических исполинских объемов движения не существует. Вспомним показательный случай с пружиной, натянутой на упругую раму. Там движение вновь не создается, а только кружит в виде векторно-направленной волны сжатия по замкнутому контуру между рамой и пружиной. Так вот, давление на грунт лежащих тел, зданий, верхних слоев пород на нижние и проч. новых порций движения также не создает. Оно лишь образует колебательный контур с практически бесконечно долгим хранением «законсервированного» статуарного движения. Как и в случае с пружиной, это статуарное движение может вырваться наружу, едва нарушится целостность колебательного контура. Тогда возникают оползни, сходы лавин, землетрясения, извержения вулканов, рождение гор и морей, подвижки тектонических плит.

Кажется, что притягивающее действие гравитационных масс постоянно порождает новое движение. При этом непонятно, что является источником этого движения. Дело в том, что в большинстве случаев эти рождающиеся порции движения имеют лишь математическую природу, ибо если в отдельных пунктах эллиптических, параболических, гиперболических траекторий наблюдается возра-

стание скорости, то в других – противоположных – обязательно идет замедление движения, возвращающее величину скорости до первоначальной.

Зримые результаты создаваемого гравитацией движения можно наблюдать лишь в редкие моменты столкновений (скажем, падение метеорита). Но и здесь эффекты скорее кажущиеся, чем реальные. Вообразим, что навстречу друг другу из далеких окраин космоса движутся два металлических шара с относительной скоростью сближения **v.** Гравитационное взаимодействие будет постоянно увеличивать эту скорость и к моменту контакта она станет **V = v + u**. Кажется, что количество движения возросло (и породило его тяготение). Но вот шары столкнулись и (при упругом столкновении) разлетелись в противоположных направлениях со скоростью контакта **V**. Если бы после этого скорость **V** оставалась неизменной, можно было бы утверждать, что гравитация породила новую порцию движения. Однако на самом деле скорость разлета будет уменьшаться с помощью теперь уже тормозящего тяготения, пока не достигнет первоначального **v.** Таким образом, и здесь в конце концов прибавка движения оказывается фиктивной.

Что-то аналогичное происходит и при падении метеоритов на Землю. Кажется, что тяготение Земли сообщает им новые порции движения, ускоряя их падение. Однако процесс этот сложнее. Ведь и метеорит хотя и микроскопически, но ускоряет в свою сторону Землю, и чем сильнее удар метеорита, отталкивающий Землю, тем больше планета затормаживается на фоне недавнего ускорения, т.е. объемы движения и Земли и метеорита возвращаются к исходным величинам: все новое движение, которое передастся метеориту тяготением Земли, вернется в виде взаимного торможения этих объектов. Опять конечный результат гравитационного порождения движения – нулевой.

Конечно, падение метеорита нередко вызывает наводнения, образование кратеров, сдвиги больших масс почвы – это ведь овеществленная часть движения, порожденного гравитацией. Но и в этом случае мы имеем дело с перераспределением движения в пределах результирующего нуля. Взметнувшиеся комья почвы, столбы воды упадут обратно на Землю. А то количество движения, которое перейдет в тепло, будет потеряно для торможения Земли.

Получается, что гравитация создает дополнительное движение только в определенные моменты формульных расчетов, но в итоге конечного процесса взаимодействия тел это движение аннигилирует. Можно сформулировать по-другому. Может быть, это вовсе не

движение растет и падает, а под воздействием масс уменьшаются пространственные масштабы на пути сближения; либо растягивается, а затем сжимается до первоначального масштаб времени. Кстати, и то и другое постулируется в теории тяготения Эйнштейна, хотя его выводы основываются совсем на других идеях и наблюдениях.

Заметим также, что часть движения падающих тел и метеоритов закольцовывается в постоянное давление их на грунт планет.

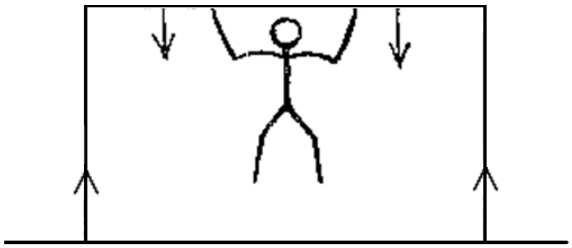
Аналогичные процессы происходят с намагниченными телами. Известно, что магнит обладает свойством притягивать металлические вещи и другие магниты, сообщая при этом известное ускорение. Представим, однако, что два магнита одинаковой или разной массы «почувствовали» притяжение на определенном расстоянии $\boldsymbol{S}$ и начинают сближаться с возрастающим ускорением вплоть до столкновения. При контакте разнополюсными сторонами магниты крепко слипаются. Если магнитный тандем далее будет двигаться в какую-либо сторону, значит, магнитные «силы» создали новую порцию движения. На самом же деле «выпущенные» из точек относительного покоя магниты, соприкоснувшись, замрут в той же точке покоя: притяжение даст большее ускорение менее массивному магниту, но при столкновении он пропорционально быстрее будет замедлять свою скорость, которая придет в соответствие с меньшим замедлением крупного магнита. Оба магнита замрут в системе координат их исходного покоя, т.е. никакой новой порции движения здесь не создается – идёт его флуктуация относительно результирующего нуля.

О МЫШЕЧНОЙ ПЕРЕДАЧЕ ДВИЖЕНИЯ

Кольцевое статуарное движение молекул, порожденное взаимным расталкиванием их в сдавленном веществе, оказывается, активно используется для передвижения всеми земными существами и механизмами. Во всяком случае, движение, создаваемое мышцами, составляет только часть того объема движения, который, необходим для практических нужд передвижения. Эту помощь статуарного движения принято называть реакцией опоры. Когда человек висит на перекладине, он старается удержать себя от свободного падения. Но это не значит, что он затрачивает на это столько же вновь создаваемого движения, как например, зависшая над Землей ракетная установка той же массы. (При массе **100** ***кг*** затраты темпоральной работы реактивного двигателя будут $\boldsymbol{I = mg = 980}$ ***дэв*** в каждую секунду.) Большинство людей на такую мощь не

способны, а те немногие, что способны, могут выдержать подобную интенсивность передачи движения доли секунд (например, при прыжках в длину и в высоту, при поднимании тяжести толчком). При этом провисеть несколько секунд или минут могут многие.

Оказывается, мышцы висящего человека производят только тот объем работы, который необходим для поддержания их в упругом (пружинящем) состоянии. Весь остальной (и немалый) объем тормозящего движения циркулирует по замкнутому контуру между перекладиной и почвой:



Когда человек стоит, держит на весу тяжести, его мышцы также вырабатывают только небольшую часть того движения, которое реализуется тем же реактивным двигателем для выполнения той же работы. Остальная часть движения берется из фондов замкнутого контура. Но и когда человек поднимает тяжести, подтягивается, ходит по тротуару, бегает, прыгает, он частично реализует статуарное движение молекул грунта, по крайней мере для поддержания вертикального положения своего тела.

Разница видна на таком примере. Реактивный двигатель может держать сам себя «на весу», если мощность потока движения, отдаваемая корпусу газовой струей, будет удовлетворять формуле $\boldsymbol{I = mg}$. Если двигатель имеет массу **20** ***кг,*** то $\boldsymbol{I = 20 \cdot 9{,}8 = 196}$ ***дэв/с.*** Теперь представим, что эти **20** ***кг*** удерживает над поверхностью Земли человек. Тратит ли он каждую секунду **196** ***дэв*** движения – ведь это солидная величина? Вопрос станет понятнее, если вспомнить, что можно держать **20** ***кг*** в опущенной руке, можно на плече, а можно на вытянутой руке. В каких из этих случаев затрачивается **196** ***дэв/с?*** Ведь все ситуации субъективно ощущаются по-разному. Ясно, что на вытянутой руке удерживать **20** ***кг*** под силу немногим людям, в то время как на плече этот груз удержат даже дети. Разница в ощущении как раз и есть разница в степени реализации статуарного движения в системе человек – Земля. Работа мышц в первых случаях идет лишь на поддержание упругих свойств тела, почти полностью задействующего замкнутое по контуру статуарное движение. Удержание же на вытянутой руке тре-

бует усилий, уже сравнимых с затратами реактивного двигателя, хотя даже здесь часть статического движения – давления имеет статуарное происхождение.

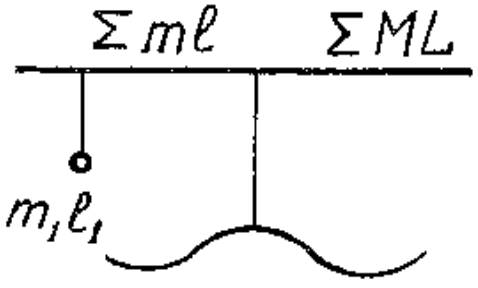
ЕЩЕ О РЫЧАГЕ

Мы рассматривали свойства рычажной передачи движения, но не принимали во внимание гравитацию. На Земле же рычаги применяются в условиях тяготения, которое придает им новые свойства. Вещество рычага находится в сдавленном состоянии; каждая молекула стремится падать к центру Земли с ускорением **9,8** $м/с^2$, но этого не происходит из-за противодействия оси рычага, жестко связанной с неподвижным телом планеты.

В условиях невесомости любое начальное положение плеч рычага относительно оси сохраняется неизменным. Гравитация вносит существеннее поправки. Равновесное состояние возможно теперь только в единственном варианте соотношения длин и масс плеч. Все остальные неминуемо ведут к перевешиванию одного из плеч. Равновесие плеч достигается двумя путями. Первый – сделать их абсолютно идентичными по форме, материалу, массе (аптечные весы). Второй предполагает, что неравенство масс может быть возмещено обратно пропорциональной зависимостью с длиной плеч. Эта ситуация нам знакома при рассмотрении рычага в условиях невесомости. Единственная разница в том, что здесь вместо единой точки приложения поступающего извне движения существует огромное множество молекул, стремящихся опускаться вниз. Молекулы, расположенные дальше от оси, имеют большие скорости и ускорения, и им нужны меньшие массы для равенств ML и ml на обоих концах при повороте рычага. Поэтому равновесие плеч достигается при равенстве сумм $\Sigma \Delta M \Delta L = \Sigma \Delta m \Delta l$.

Теперь ясно, что, если неравноплечий рычаг выровнен с помощью разных масс, дальнейшее его равновесие возможно, если к плечам подвешивают грузы в точном соответствии с равенством $ML = ml$.

И наоборот, если рычаг изготовлен из однородного материала единого профиля, но с укреплением в точке неравновесия, то для поддержания равновесия надо к его короткому концу l добавить такое $m_1 l_1$, чтобы оно в сумме стало равно $\Sigma ml + m_1 l_1 = \Sigma ML$:



В передаче движения с помощью рычага в условиях гравитации большое значение имеет не только возвратный импульс планеты, но и высвобождение части статуарного движения замкнутой системы рычаг – Земля. Это дает возможность при использовании рычагов поднимать и перемешать огромные массы сравнительно малым внешним усилием, а также преодолевать сопротивление движению, намного превосходящее исходный объем движения.

Стоит помнить, что весь этот выигрыш в приложении движения и реализация возвратного и статуарного движений возможны лишь в условиях мощного взаимодействия молекул по поддержанию упругих свойств вещества. Сломайся или согнись плечо, тресни ось, расползись, грунт – рычажная передача движения станет неосуществимой.

Конкретный расчет долей мышечного, возвратного и статуарного движений в акте перемещения можно сделать только в условиях практических испытаний – слишком много «мелочей» пришлось бы учитывать при теоретических вычислениях.

Интересно действие прессов и домкратов. Вопреки распространенному мнению, что эти устройства трансформируют маленькие объемы движения в большие (этого не может быть, ибо сами по себе прессы и домкраты новых порций движения не порождают), скажем, что их функция – запасать и приумножать объем статуарного кольцевого движения, как это делает электрический конденсатор. Постоянно подкачиваемое извне статуарное упругое давление способно совершать работу большой интенсивности в той же мере, что и предварительно сжатая, а затем распрямившаяся мощная пружина. Таким образом, прессы и домкраты – это механизмы статуарного движения с регулируемыми их запасами.

На запасаемом движении работают лебедки. Проследим, что здесь происходит. Если трос соединить с динамометром, хорошо будет видно, как с каждым поворотом барабана трос натягивается все сильнее и сильнее. Стопорный механизм не дает барабану крутиться в другую сторону. Сама лебедка прочно укреплена в грунте. Когда натяжение троса достигнет критической интенсивности, которая перекроет интенсивность сопротивления трения или гравитации, произойдет сдвиг груза, после чего, поддерживая нужное натяжение троса, груз перемещают на нужное место. Натяжение троса в лебедке, давление пресса и домкрата аккумулируют статуарное движение, высвобождая его излишки, как только запасенный объем движения перевесит сопротивление среды.

К ТЕОРИИ ДВИЖЕНИЯ МАЯТНИКА

Принято считать, что колебание маятника – идеальная иллюстрация взаимодействия потенциальной и кинетической энергий. Эффект маятника иначе не объясняют, как только через превращение кинетической и потенциальной энергий. На первый взгляд, действительно кажется, что пара формул $\boldsymbol{mgh+mv^2/2 \rightarrow const}$ гармонично увязана друг с другом, что является одновременно и хорошим подтверждением реальности и действенности представлений о потенциальной и кинетической энергиях. Колебательные процессы являются самыми распространенными в природе формами движения. Так, ни одна частица в воздухе или воде (не говоря уже о твердых веществах) не может свободно переместиться на достаточно большое расстояние, не соприкоснувшись с другой частицей. После любого такого столкновения частицы разлетаются под определенными углами, чтобы тотчас столкнуться с другими. Любая молекула совершает хаотическое (броуновское) движение, не выходя за пределы какого-то достаточно ограниченного объема.

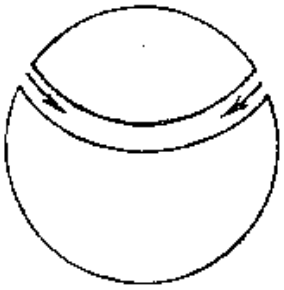
В основе многих колебательных процессов лежит передача механического движения с помощью его обращения. Например, поместим в космосе две упругие пластины, соединенные прочной скобой. Направим на одну из пластин упругий мячик. Столкнувшись с преградой, мячик получит обратную инверсионную скорость почти в полном объеме, но с противоположным направлением. Долетев до другой пластины, он повернет обратно, и так будет продолжаться очень долго, тем более, если этому не будет мешать сопротивление среды. В этой простейшей колебательной системе участвует только инерционное движение, и нет никаких превращений энергии.

Каждый из нас хорошо знаком с таким колебательным явлением, когда мячик падает на упругий грунт и несколько раз подскакивает (это колебание могло бы продолжаться дольше, если бы отсутствовало сопротивление воздуха). Физики объясняют этот феномен многократным превращением потенциальной энергии мяча в кинетическую. Однако и эти колебания можно рассмотреть с помощью более простого механизма. Представим размещенную в космосе упругую площадку, двигающуюся со скоростью $\mathbf{v}$ и встретившую на своем пути упругий мяч с неизмеримо меньшей массой. По закону упругих столкновений мячик получит инверсионную скорость $\mathbf{2v}$ и улетит прочь в бесконечность. Представим теперь, что площадка движется с ускорением и, толкнув мяч с удвоенной скоростью контакта, она, в силу постоянного прироста своей скорости, в опреде-

ленный момент толкает его снова и т.д. Этот колебательный процесс со стороны мячика выгладит инерционным, хотя со стороны ускоряемой плиты требуется прилагать внешнее движение. Но превращения энергий здесь нет. По закону Галилея все инерциальные системы отсчета эквивалентны по своим процессам друг другу. Так и падение мяча на Землю с последующим колебательным движением подобно (по крайней мере, со стороны мяча) его многократному отражению от ускоряемой площадки (она «имитирует» действие притяжения). Следовательно, это колебание можно рассматривать как особый вид обращаемого инерционного движения.

Наконец, маятник. Для начала вспомним «гравитационный маятник», который образуется при падении тел сквозь центр планеты. Мы уже видели, что во всех точках своего пути тело находится в инерционном режиме движения, где свободное падение – один из видов естественных гравитационных траекторий. Ни возрастание скорости, ни ее замедление до нуля не нуждаются в объяснении через сложный процесс превращения потенциальной энергии в кинетическую и наоборот. Это сугубо инерционное, естественное явление, аналогичное колебанию упругого тела между двумя стабильными упорами.

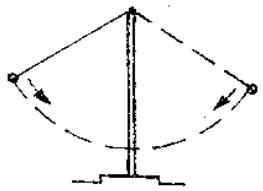
Далее, представим, что шахта пробита не через центр Земли, а по одной из хорд или вогнутых дуг. Если бы удалось исключить трение и сопротивление воздуха, то и здесь образовался бы бесконечный колебательный процесс, с той лишь разницей, что часть инерции свободного падения гасится гравитационной опорой движущегося тела на пол шахты:



Иными словами, ускорение свободного падения станет существенно меньше, зато увеличится доля равномерно-прямолинейного инерционного движения. Нужны ли и в этом случае представления о взаимопревращении энергии, если во всех точках своего пути в шахте тело движется только в инерционных режимах?

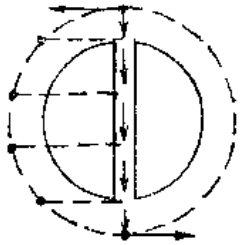
Остается сделать один шаг к объяснению сути движения маятни-

ка – движение груза в нем полностью аналогично движению тела по хорде или вогнутой дуге внутри Земли. Отличие лишь в том, что опора на пол шахты замещена опорой на верхнюю (или нижнюю) ось маятника (нижняя ось применяется в метрономах):



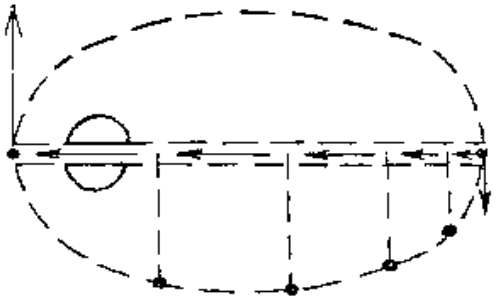
Отсюда ясно, что колебание маятника можно рассматривать как от начала и до конца инерционное, являющееся комбинацией движений свободного падения и равномерно-прямолинейного скольжения. Поэтому и не обнаруживаются никакие физические эффекты, свидетельствующие о таком ответственном физическом процессе, как взаимопревращение энергии. Его здесь попросту нет!

Показательно, что и круговое орбитальное движение спутника является своеобразной проекцией свободного падения в шахте. Достаточно взглянуть на рисунок:



чтобы понять, что ускоренное падение в шахту аналогично ускоренному падению спутника к центру Земли (Луны) с коррекцией на горизонтальную составляющую его скорости.

Проекцией свободного падения является также эллиптическая орбита спутника или кометы для тех случаев, когда составляющая горизонтальной скорости значительно колеблется относительно нормальной круговой скорости вращения:



Значит, все основные разновидности естественных инерционных движений тел: круговые, эллиптические, хордовые, маятниковые и проч. – сходятся к одному прототипу и могут считаться проекциями свободного падения, которое осложняется горизонтальными инерционными перемещениями.

ЕЩЕ О КИНЕТИЧЕСКОЙ И ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИЯХ

Еще в XVI – XVII веках отцы механики указали на два пути расчета механических взаимодействий. Декарт, вслед за Галилеем, доказывал необходимость расчетов с позиций импульса $\boldsymbol{p = m\Delta v}$. Лейбниц позднее полагал, что более показательно законы движения осуществляются с позиций «живой силы» – так он называл то, что позже получит название кинетической энергии ($\boldsymbol{E_K = mv^2/2}$). Правыми оказались первые, и если б теория механических взаимодействий пошла по намеченному ими пути, здание механики было бы именно таким, каким обрисовали его мы. Но, к сожалению, в среде физиков возобладали другие представления. Успеху последователей Лейбница способствовало земное окружение опытов, наличие сопротивления сред, трения, быстро «съедавших» эквивалентные приращения скоростей. Кроме того, ложный путь был спровоцирован нестрогим субстанциональным определением понятия «силы» и верой в абсолютное структурированное пространство. В наши дни опытные возможности неизмеримо расширились, ушли в прошлое былые заблуждения, но основания механики пока остались. Следует предвидеть, что преодоление многовековых канонов будет весьма болезненным процессом, но другого пути, видимо, нет.

Может показаться, что декартова механика удобна только в космических условиях. Однако ее можно с успехом применять и в земных условиях, если вести систематический учет противодействия движению трения и сопротивления среды, магнитных и гравитационных помех в единицах количества движения. Так, реактивный двигатель, который в космосе развивал постоянное ускорение, пропорциональное тяге (интенсивности передачи движения), на Земле благодаря сопротивлению воздуха будет ускоряться существенно меньше, вплоть до того, что при определенной скорости ускорение вообще прекратится, сменившись равномерным движением (так же, Как свободно падающий парашютист достигает критической скорости **65** ***м/с*** и, несмотря на продолжающееся действие гравита-

ционного ускорения, не может превысить этот рубеж). Как интерпретируется этот факт в галилеевой системе? Движение создается сгорающим топливом и передается массе летательного аппарата в неизменном количестве, но подавляющая его часть идет не на приращение скорости объекта, а на расталкивание частичек воздуха (при большей скорости – большая часть). И если в космосе израсходованное количество движения легко рассчитать по приращению скорости, то на Земле эта операция не даст сколько-нибудь точных результатов. Поэтому Галилей будет рассчитывать возможное номинальное (космическое) приращение скорости и сопоставлять его с реальным земным. Скажем, аппарат с двигателем общей массой **100** ***кг*** набрал за какое-то время в космосе относительную скорость **100** ***м/с,*** а в условиях Земли за это же время – только **30** ***м/с.*** Из этого следует, что сгорающее топливо в обоих случаях создало и передало в виде векторно-направленного перемещения объем движения $\acute{A} = It = 100 \cdot 100 = 10$ ***кдэв*** . Но в космосе весь объем движения реализовался в приращение скорости, в то время как на Земле 70% его пошло на расталкивание молекул воздуха и только **3** ***кдэв*** ушло на увеличение скорости передвижения аппарата.

Галилеева механика не требует, правда, постоянного сопоставления с аналогичными космическими испытаниями, ибо существуют косвенные способы учета всего произведенного объёма движения. Например, достаточно знать величину интенсивности передачи движения и время работы двигателя, тогда по формуле $\acute{A} = It$ легко вычислить весь произведенный объем движения вне космических экспериментов.

И хотя, как мы говорили, по достижении постоянной скорости в условиях Земли становится возможным вести расчеты движения по формулам «живой силы» Лейбница, все-таки этот некорректный метод не позволяет учитывать детали перемещения, имеющие немалое значение в работе механизмов и мышц человека. Например, рабочий тянет вагонетку на расстояние **100** ***м,*** следя по динамометру, чтобы тяга (интенсивность передачи движения) все время оставалась постоянной (например, **200 дэв/*с* = 200** ***Н*****)**. Зададим основной вопрос механики в двух формах. По Галилею: какое количество движения передал рабочий вагонетке на пути **100** ***м***? По Лейбницу – Гельмгольцу: какую механическую работу произвел он на этом же пути? Ответ по Лейбницу прост и однозначен, ибо независимо от деталей перемещения $A = FS = 200Н \cdot 100$ ***м*** $= 20$ ***кДж*** (или **2038,7** ***кГм)***. По Галилею с имеющимися данными ответ вообще невозможен, ибо нужны как раз детали выполняемой работы.

Прежде всего нужно знать время передвижения, которое будет зависеть от массы вагонетки, трения и сопротивления среды. Так, если масса вагонетки составит **1000** ***кг,*** максимально возможное ускорение ее вне трения и сопротивления воздуха составит $a = I/m = 200 : 1000 = 0{,}2$ ***м/с***^{2}. Из-за трения эта величина может уменьшиться до **0,1** ***м/с***^{2}. Отсюда можно узнать время, которое потребуется для преодоления **100** ***м*** с ускорением **0,1** ***м/с***^{2}:

$$t = \sqrt{2S/a} = \sqrt{2 \cdot 100/0{,}1} = 44{,}7\ с\ .$$

Теперь легко вычислить переданное за это время количество движения: $Å = It = 200 \cdot 44{,}7 = 8{,}94$ ***кдэв***. Может оказаться, однако, что вагонетка столь тяжела или трение столь значительно, что путь в **100** ***м*** продлится **1000** ***с***. Значит, человеком будет затрачено **200** ***кдэв*** векторно-направленного движения при неизменной интенсивности в **200** ***дэв/с*** (не считая усилий по перемещению собственного тела и поддержанию прямой осанки). Действительно, напрягаясь в таком режиме **16,6** ***мин,*** рабочий заметно устанет, хотя метод Лейбница укажет ему те же бесстрастные **2038,7** ***кГм*** выполненной механической работы!

Столь же формалистично и неадекватно реальному опыту происходит учет механической работы в процессах поднятия тяжестей. Если ставится задача поднять на такую-то высоту такой-то груз, физик-теоретик предлагает тянуть веревку (в лучшем случае перекинутую через блок). Конкретные условия подъема его не интересуют, так как он безгранично (но безосновательно) уверен, что роль этих условий ничтожна, ибо объем механической работы определяется только массой груза и высотой его подъема ***(A = mgh).***

Рассчитаем в единицах количества движения подтягивание груза с какой-либо постоянной скоростью, скажем, массой **10 кг** на высоту $h = 10$ ***м*** со скоростью **1** ***м/с***. Для этого разобьем путь груза на три участка (S_1, S_2, S_3). Первый – это путь, на котором груз будет ускорен до $v = 1$ ***м/с*** (например, с $a = 2$ ***м/с***^{2}): $S_1 = \frac{v^2}{2a} = \frac{1^2}{2 \cdot 2} = 0{,}25$ ***м***. Третий – путь торможения (здесь можно использовать тормозящий эффект гравитации): $S_3 = \frac{v^2}{2g} = \frac{1^2}{2 \cdot 9{,}8} = 0{,}05$ ***м*** . Второй участок высчитаем по остатку: $S_2 = h - S_1 - S_3 = 10 - 0{,}25 - 0{,}05 = 9{,}7$ ***м***. Далее найдем интенсивность передачи движения и время ее действия на первых двух участках (третий инерционен и не требует затрат энергии): $I_1 = m\,(a + g) = 10 \cdot (2 + 9{,}8) = 118$ ***дэв/с*** ;

$t_1 = \frac{2S}{\Delta v} = \frac{2 \cdot 0{,}25}{1} = 0{,}5\ c$; $I_2 = mg = 10 \cdot 9{,}8 = 98\ дэв/с$; $t_2 = \frac{S}{v} = \frac{9{,}7}{1} = 9{,}7\ c$. Отсюда суммарный объём передачи движения: $\acute{A}_C = \acute{A}_1 + \acute{A}_2 = I_1 t_1 + I_2 t_2 = 118 \cdot 0{,}5 + 98 \cdot 9{,}7 = 1009{,}6\ дэв$. Работу именно в **1** ***кдэв*** нужно было бы затратить реактивному двигателю массой **10** ***кг***, чтобы поднять себя на высоту **10** ***м*** со средней скоростью **1** ***м/с*** в условиях тяготения Земли. Мышцы человека создадут меньший объем движения, так как часть движения притекает от обращенного и статуарного движения молекул Земли (в частности, опора ног на грунт или троса на шкив помогает удерживать груз на весу, не затрачивая всей суммы $\mathbf{A} = m(a + g)t$).

Подъем грузов реактивной тягой, видимо, не самый энергетически выгодный акт. Наиболее экономный способ связан с максимальным использованием при подъеме инерционного движения груза. Идея его заключается в придании грузу такой первоначальной скорости, чтобы последующее естественное гравитационное торможение остановило груз как раз на нужной высоте. (Недавно группа наших ученых обнародовала остроумное изобретение, где грузы поднимаются выстреливанием с помощью электромагнитного импульса. Практическая реализация этого принципа способна дать большую экономию энергии.)

Минимальное количество движения, необходимое для вертикального разгона груза до скорости **v**, которая позволит ему подняться инерционно на высоту ***h***, равно $\mathring{A}_{min} = m\sqrt{2gh}$. Сама эта величина, впрочем, в условиях тяготения практически недостижима, ибо (даже без учета сопротивления воздуха) во время разгона движение затрачивается не только на ускорение груза, но и на преодоление гравитации ($\acute{A} = mgt = 2mgh/v$). Это значит, что чем медленнее будет идти разгон, тем больше дополнительного движения потребуется. Если представить интенсивность передачи движения, необходимого для разгона груза до нужной скорости последующего его инерционного перемещения через

$$I = \frac{mgh}{S} = \frac{mg(h - S)}{S} + mg$$

(**S** – путь разгона; $h - S$ – длина инерционного участка пути), а время разгона через $t = vm/I = 2S/v$ (**v** – достигнутая начальная инерционная скорость подъема), то из A = $2mgh/v$ = It после ряда преобразований получим формулу реальных затрат необходимого

объема движения, зависимых от массы груза, высоты подъема и пути действия ускоренного вертикального движения (разгона):

$$\mathring{A} = \left(\frac{mg(h-S)}{S} + mg\right)\frac{2S}{v} = \frac{\sqrt{2g}mh}{\sqrt{h-S}}.$$

Эта формула позволяет проследить, что при весьма малом пути разгона затраты работы сближаются с минимально возможными:

$$\mathring{A} = \frac{\sqrt{2g}mh}{\sqrt{h-0}} = m\sqrt{2gh}\,.$$

И наоборот, если путь разгона почти равен высоте подъема, то объем необходимого движения будет стремиться к бесконечности:

$$\mathring{A} = \frac{\sqrt{2g}mh}{\sqrt{h-S}\to 0} = \lim\infty\,.$$

Последнее обстоятельство можно наглядно проинтерпретировать. Допустим, реактивный двигатель поднимает сам себя (топливо подводится к нему извне), но интенсивности его хватает лишь на создание исчезающе малого ускорения. Тогда он будет «подниматься» к нужной высоте вечно, затрачивая на это бесконечное количество топлива и движения.

Вернувшись к поднятию груза массой 10 *кг* на высоту 10 *м,* можно видеть: сократив путь разгона груза до 10 *см,* потратим на это

$$\mathring{A} = \frac{\sqrt{2g}mh}{\sqrt{h-S}} = \frac{\sqrt{2\cdot 9{,}8}\cdot 10\cdot 10}{\sqrt{10-0{,}1}} = 140{,}7\ дэв\,,$$ т.е. в 7 с лишним раз меньше, чем при подъеме реактивным движением.

Таким образом, реальный процесс поднятия грузов намного сложнее и интереснее, нежели его описание в терминах и понятиях «потенциальной энергии».

Известно, что импульс не уничтожим, и это является основанием для утверждения закона сохранения количества движения. В победоносном шествии законов сохранения нужно было утвердить и закон сохранения механической энергии. Долгое время закон этот наблюдался лишь в процессах перехода потенциальной энергии в кинетическую (мы выяснили, что это фиктивное явление). Но наблюдаемые объемы механической энергии при неупругих столкновениях упорно не желали сохраняться, пока Гельмгольц не предложил все случаи «исчезновения» кинетической энергии объяснять переходом ее во внутреннюю (тепловую) форму. Физики быстро освоились с новой ситуацией; она стала даже весьма удобной, ибо позволяла без сложных и кропотливых измерений манипулировать нужными количествами джоулей. При этом почему-то не учитывалось то обстоятельство, что выполнение в чистом виде сразу

обоих законов сохранения: импульса и кинетической энергии – невозможно по чисто математическим соображениям, ибо суммы величин при одних и тех же членах, взятых линейно и квадратично, могут сойтись при весьма ограниченных условиях: например, если скорости тел до и после столкновения останутся неизменными, что в свою очередь достижимо только при упругих столкновениях одинаковых масс или масс несоизмеримо разных. Все остальные случаи дают разнообразный спектр расхождений между суммами импульсов и суммами кинетических энергий до и после столкновения.

Впрочем, пытаясь примирить существование этих двух нестыкующихся величин, договорились считать передачу импульса независимой от передачи кинетической энергии. Тем самым было постулировано, что импульс и энергия – независимые автономные явления. Далее констатируется, что импульс передается от одного движущегося тела к другому (покоящемуся) в полном объеме и без трансформации в какие-либо другие формы импульса (скажем, тепловые). Кинетическая же энергия при столкновениях реализуется двумя руслами. Одна ее часть (соответствующая линейным формульным данным, вытекающим из закона сохранения импульса) остается в своей исходной кинетической форме, в то время как другая (излишек, возникающий при квадратичном исчислении энергии по скорости) якобы целиком переходит из механической формы во внутреннюю тепловую.

Ясно, однако, что при такой трактовке законы и условия превращения энергии диктуются вовсе не сложными физическими процессами, протекающими при реальных столкновениях, а чисто математическими соображениями, основанными на необходимости непременно покрыть издержки некорректного квадратичного исчисления механической энергии. Показательно, что доля кинетической энергии, переходящей в тепловую форму, зависит не от скорости столкновений и не от физико-химических свойств контактирующих веществ (чего разумно было бы ожидать), а определяется только соотношениями масс:

$$\frac{W_{тепл}}{E_{кин}} = \frac{mMv^2}{2(m+M)} : \frac{mv^2}{2} = \frac{M}{m+M},$$

где ***m*** **и** ***M*** **–** соответственно меньшая и большая масса. Так, при равенстве масс в тепловую должна переходить ровно половина кинетической энергии (имеется в виду абсолютно неупругое столкновение). Масса пули, застревающей в деревянном, бруске, обычно намного меньше массы бруска, следовательно, в тепло здесь должна превратиться практически вся кинетическая энергия пули.

Неясно только, как пуля за ничтожное время успевает «понять», во сколько раз ее масса меньше массы бруска, после чего умудряется выделить столько тепловой энергии, сколько положено по формуле, – ведь за это время волна взаимодействия пули с веществом бруска даже не успеет полностью распространиться по всему объему бруска! Есть и другой наивный вопрос: откуда берутся огромные объемы тепловой энергии, ежели импульс остается целехоньким? Разве определенная часть его не растрачивается на тепловые возмущения молекул? Ведь молекулы, по крайней мере поверхностного слоя вещества, отдавшие свой запас движения на тепловой разогрев других молекул, уже не смогут одновременно передать свою поступательную скорость покоящейся массе. Значит, чем больше нагреваются контактирующие тела, тем большая доля импульса выйдет из процесса приращения скорости мишени.

Иными словами, импульс не может сохраняться в исходной форме целиком, если идет превращение механического движения в теплоту. Определенная его часть уйдёт на увеличение теплового движения молекул.

Приведем результаты конкретного опыта механического взаимодействия, описываемого параллельно в энергетической концепции и в концепции тепловой трансформации импульса. Покажем преимущества последней.

На упругую площадку с высоты $h = 1{,}5$ *м* падают друг за другом два упругих шара разных масс (например, $M = 0{,}1$ *кг*, $m = 0{,}01$ *кг*). Первым ударяется большой шар, получая обращенную скорость V. Налетающий на него малый шар отскакивает вверх с заметно большей скоростью, поднимаясь порой на высоту h_1 в несколько метров. Найдем конкретные скорости v_1 и V_1, а также высоты h_1 и H_1 подъема обоих шаров в системе покоящейся площадки. Если бы все столкновения были абсолютно упругими, большой шар отскочил бы от платформы со скоростью $V = -\sqrt{2gh} = -5{,}42$ *м/с*. Скорость малого шара в этот момент достигнет величины

$$v = \sqrt{2gh} = +5{,}42 \text{ м/с}.$$

Формулы

$$v_1 = \frac{M(2V - v) + mv}{m + M} \quad \text{и} \quad V_1 = \frac{m(2v - V) + MV}{m + M}$$

дают значения $v_1 = -14{,}3$ *м/с* ; $V_1 = -3{,}45$ *м/с* . По соотношению $h_1 = v_1^2/2g$ и $H_1 = V_1^2/2g$ получим искомые $h_1 = 10{,}42$ *м* ; $H_1 = 0{,}6$ *м*.

Для этого идеального случая выполняются все законы сохранения:

$\mathbf{mv} + \boldsymbol{MV} = \mathbf{mv_1} + \boldsymbol{MV_1} = \mathbf{-0{,}325}$ *(кг·м)/с* ; $\boldsymbol{m}\mathbf{v}^2/2 + \boldsymbol{MV}^2/2 = \mathbf{mv_1}^2/2 + \boldsymbol{MV_1}^2/2 = \mathbf{1{,}615}$ ***Дж.*** Равны также НСК Y и Y_1:

$$\left|\frac{(v - V)\,mM}{m + M}\right| = \left|\frac{(v_1 - V_1)\,mM}{m + M}\right| = 0{,}098\ (кг\cdot м)/с.$$

Однако на практике этот идеальный случай невозможен. В обоих контактах (большего шара и площадки, меньшего шара и большего шара) движение трансформируется в тепловые формы. Подберем такие параметры вещества шаров, чтобы при данном диапазоне скоростей, масс, при данных формах и внутренних структурах процент тепловой трансформации импульса приближался к **Q = 30**%. Это значит, что $\mathbf{Y_1 = Y - Q = 0{,}7Y}$. При этих условиях скорость **V** составит уже не **– 5,42**, а **– 3,79** ***м/с***. Применим теперь формулы

$$v_1 = \frac{M(2V - v) + mv}{m + M} + \frac{Q}{2m};\quad V_1 = \frac{m(2v - V) + MV}{m + M} - \frac{Q}{2M}$$

и при $Q = 0{,}3 \cdot 2\frac{uMm}{m + M} = 0{,}05\ (кг\cdot м)/с$ найдем $v_1 = -8{,}82$ *м/с*;

$\mathbf{V_1 = -\ 2{,}375}$ ***м/с,*** откуда $\mathbf{h_1 = 3{,}97}$ ***м;*** $\boldsymbol{H_1}$ **= 0.29** ***м***. Беря во внимание, сопротивление воздуха, эти высоты меньше, но близки к опыту.

Закон сохранения импульса действует непреложно: $\boldsymbol{m}\mathbf{v} + \boldsymbol{MV} = \boldsymbol{m}\mathbf{v_1} + \boldsymbol{MV_1} = -\ \mathbf{0{,}325}$ ***(кг·м)/с*** (в силу тавтологичности посылок измерения). Этого не скажешь о значениях механической энергии:

$$\boldsymbol{E} = \boldsymbol{m}\mathbf{v}^2/2 + \mathbf{MV}^2/2 = \mathbf{1{,}625}\ \boldsymbol{Дж};\quad \boldsymbol{E_1} = \boldsymbol{m}\mathbf{v_1}^2/2 + \boldsymbol{MV_1}^2/2 = \mathbf{0{,}67}\ \boldsymbol{Дж}.$$

Считается, что **0,94** ***Дж*** трансформировалось в тепловую форму. Само по себе это предположение естественно – ведь мы также говорим о трансформации части импульса во внутреннюю молекулярно-тепловую форму. Однако количественные соотношения здесь совсем иные: $\mathbf{E_1/E = 0{,}415}$ **(41,5%)** – в тепло превратилось **58,5%** энергии, в то время как «потери» импульса составили **30%**.

На языке тепловых превращений импульса описание этого опыта весьма удобно, причем одинаково во всех лабораторных системах координат. Рассчитать же результат энергетических представлений практически невозможно. Ведь для этого надо знать или высчитать долю энергии, переходящую в тепло, а она полностью зависит от того или иного конкретного расклада скоростей в тех или иных системах координат. Скажем, мы лабораторным путем установили, что

$\boldsymbol{(m}\mathbf{v_1}^2/2 + \boldsymbol{MV_1}^2/2\boldsymbol{)} : \boldsymbol{(m}\mathbf{v}^2/2 + \boldsymbol{MV}^2/2\boldsymbol{)}$ равно, допустим, 58,5% (при данном диапазоне масс, скоростей, материала), но эта цифра никак не подходит для описания результатов столкновения большего шара с площадкой: $\boldsymbol{MV_1}^2/2 : \boldsymbol{MV}^2/2 = \mathbf{49\%}$.

Самое же неприятное то, что эта процентная доля сильнейшим образом зависит от выбора системы координат, хотя по Галилею все инерционные системы равноправны. Например, вышеприведенное столкновение шаров можно рассмотреть в системе, где **v = 0, V = – 9,21**, а новые скорости – соответственно $\mathbf{v_1 = -14{,}24}$, $\mathbf{V_1 = -7{,}81}$: $\mathbf{mv_1^2/2 + MV_1^2/2}$ **:** $\boldsymbol{(mv^2/2 + MV^2/2)}$ = **95,8%** (всего **4,2%** энергия превратилось в тепловую форму). Это же столкновение в системе с **v = 9,21** ***м/с, V = 0,*** $\mathbf{v_1 = -5{,}03}$, $\mathbf{V_1 = +1{,}4}$ даст совершенно иной результат – **52,8%** (**47,2%** энергии превращается в тепло).

Расчеты *с* уровнем трансформации импульса $\mathbf{Y_1/Y = 70\%}$ одинаковы во всех системах координат, что делает возможным предвычисление результатов с любой степенью точности. Так,

$$Y_1/Y = \left|\frac{v_1 - V_1}{v - V}\right| = \left|\frac{-8{,}82 + 2{,}37}{5{,}94 + 3{,}79}\right| = 70\%.$$

СУЩЕСТВУЕТ ЛИ ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ?

Никто на сегодняшний день не знает, что такое гравитация, вернее, каков механизм ее действия. Известно только, что все тела испытывают гравитационное воздействие друг от друга. Гравитация не имеет никаких внешних физических примет, кроме векторного направленного прироста скорости, квадратично зависящего от расстояния между телами. В XX веке безраздельной популярностью пользуется теория гравитационного поля, которая достаточно очевидно описывает наблюдаемые явления.

В науке не может быть запретных тем и не подлежащих сомнению теорий. И если пристальнее вглядеться в суть идеи гравитационного поля (мы оставляем пока в стороне представления об электромагнитных, глюонных и прочих полях) то можно увидеть ее сверхизбыточность,

Система мира Птолемея существовала около полутора тысяч лет, и до Коперника очень неглупые люди были уверены в ее истинности. В наши дни мы поражаемся наивности древних, уверенных в существовании хрустального небесного купола. Никто не озаботился, кем создавался этот купол, где взяли столь огромное количество хрусталя, на чем он крепится и в конце концов кому это нужно? Кажется, что эта сверхизбыточность идеи хрустального купола должна была отрезвлять мыслителей. Но увы, сомневающихся не было.

Аналогичной кажется нам и ситуация с полями (по крайней мере, с гравитационным полем). Считается, что гравитационное поле – это область пространства, каждой точке которого соответствуют

определенное ускорение, определенная потенциальная энергия и «сила» притяжения. Сразу возникает вопрос: каков размер этого пространства? Есть подозрения, что гравитационное взаимодействие тел не имеет границ и простирается, по крайней мере, на всю видимую часть Вселенной. Следовательно, гравитационное поле – это сфера невообразимых размеров. Далее, каким объектам Вселенной принадлежит право иметь гравитационное поле? Оказывается, свойствами поля обладают все тела, включая элементарные частицы. Более того, именно совокупность гравитационных полей элементарных частиц формирует в конце концов гравитационное поле макрообъектов. Читатель, наверное, уже понял, какой вопрос мы собираемся задать. Значит, полевая модель мира уверяет, что существует невообразимо огромное количество гравитационных полей, каждое из которых бесконечно по размерам (сопоставимо со всей Вселенной), и в каждой точке каждого такого поля (сколько всего этих точек?) существует некий физический оператор, хранящий информацию о «силе» тяготения, гравитационном ускорении и потенциальной энергии, характерных именно для этой точки? Не кажется ли читателям, что эта система по своей «роскоши» далеко превосходит птолемееву модель с ее всего лишь семью хрустальными сферами? (Кстати, из чего «сделаны» гравитационные сферы?) Еще более удивительно, что в каждой из бесчисленных точек Вселенной должны одновременно существовать и действовать неисчислимые мириады (по числу всех элементарных частиц Вселенной) операторов, «знающих» не только величину гравитационной «силы» отдельно по каждой элементарной частице, но и векторное направление этой «силы». То есть, теория поля требует функционирования бесконечности (взятой в квадрате) сложнейших механизмов осуществления гравитации. К тому же понятие «точка поля» требует наличия структурированного пространства, которое вряд ли существует,

Итак, математически удобная модель гравитационных взаимодействий на поверку оказывается физически переусложненной и скорее всего нереалистичной. Как шаг к упрощению этой модели предлагаем гипотезу о линейных, а не сферических механизмах гравитационного взаимодействия. Представим, что существуют особые точки приложения гравитации, связанные напрямую со многими другими точками линиями гравитационного взаимодействия. Назовем их гравиточками и гравилиниями. Физическая природа гравиточек и гравилиний нам пока неизвестна, да и образы точек и линий приведены нами условно, чтобы сделать их предста-

вимыми. Но картина мира сразу резко упрощается. Незачем мыслить бесконечное число операторов во всех точках пространства, Каждая гравилиния отвечает за гравитационную связь конкретно одной гравиточки с другой. Ясно, что гравиточек во Вселенной может быть очень много, соответственно, гравилиний еще больше, но все-таки существует какое-то конечное число их. Во всяком случае, это количество несоизмеримо с той чудовищной бесконечностью, которая следует из полевой теории.

Каждая гравиточка может быть центром геометрического схождения гравилиний. Каждая гравилиния несет на себе определенную гравитационную нагрузку. Её «напряженность» может быть обратно пропорциональна расстоянию между объектами. Если теперь вспомнить, что расстояние – величина относительная, то можно экстраполировать следующее предположение: первичным может быть «напряжение» гравилиний, а видимое расстояние между объектами – это функция гравитационной «напряженности», ее следствие. Эта гипотеза также устраняет многие трудности миропонимания. Например, снимается вопрос о конечности или бесконечности мира. Проще мыслить вселенские расстояния, так как рассудку легче примириться с очень маленькими величинами невоспринимаемой нами гравитационной напряженности. В этой модели естественную трактовку получает принцип дальнодействия, выдвинутый Ньютоном, но отвергнутым теорией относительности Эйнштейна*.

Более ста лет назад Генриха Герца заинтересовал вопрос: каким образом абсолютно свободное от воздействия каких-либо «сил» тело выбирает прямолинейный путь и держится единой скорости перемещения, как оно находит в массе траекторий единственную жестко начертанную дорогу? Для объяснения этого феномена Герц предложил модель, в которой тело движется как бы в особом туннеле, который подпирают со всех сторон некие скрытые массы (эфира?). Однако в XX веке идеи эфира стали весьма непопулярными и модель Герца автоматически выбыла из круга достойных внимании гипотез. Но до сих пор не вполне ясно, например, чем объяснить, что у изолированных, казалось бы, тел столь точна «память» на воспроизведение физических констант (массы, скорости, гравитационного ускорения и проч.)? Только ли остроумным каламбуром:

---

* В настоящее время принцип дальнодействия снова обретает популярность, ибо появились экспериментальные факты, не объяснимые с позиций конечности скорости света.

«материя говорит пространству, как оно должно искривляться, а пространство говорит материи, как она должна двигаться»?

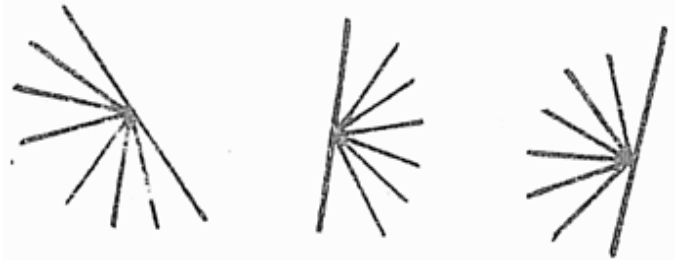
На наш взгляд, идеи Герца могли бы получить трактовку и вне развенчанной теории эфира или скрытых масс материи. Если допустить, что любая материальная точка накрепко связана наподобие шарниров гравилиниями со всеми остальными гравиточками Вселенной, как бы далеко те ни находились, то эта точка как бы вписывается всецело в масштабы Вселенной, становится соразмерной ей, Это очень важное предположение, дающее возможность понять источник физических констант. Итак, гравиточка со всеми своими гравилиниями вписана в объем Вселенной, значит, этой частичке материи в буквальном смысле слова некуда податься, она жестко фиксирована и не может сию минуту оказаться в какой-либо другой точке вселенского пространства. Эта глобальная связь со всем веществом Вселенной заставляет любую изолированную точку двигаться не каким угодно путем, а лишь в своеобразном жестком туннеле, который «прорубается» частицей так, чтобы бесчисленные линии гравитационной связи сдвигались строго пропорционально и плавно меняли бы уровень своей напряженности. Так формируется воспринимаемый глазом прямолинейный путь равномерного движения. Гравитационное притяжение других объектов каким-то образом ускоряет тела навстречу друг другу. Возникают изменения траектории как по форме пути, так и по скорости. Можно сказать, что пространство вблизи гравитационной массы как бы «сплющивается», от него постоянно отнимаются кусочки, размер которых квадратичным образом зависит от «напряженности» гравилиний. Но можно полагать и другое: видимые сокращения пространства являются следствием соответствующего усиления «напряженности» гравилиний.

Соразмерность каждой гравиточки с единой Вселенной позволяет объяснить удивительную изотропность мировых констант, в частности, массы как меры инертности. Гравитационные и кинетические свойства гравиточек, в какой бы части Вселенной они не находились, сопоставимы друг с другом именно благодаря «законтаченности» на всю Вселенную – единый источник стабильности.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Гравиточки, гравилинии... это пока чистые домыслы, построенные для упрощения картины мира». Но если развивать эту гипотезу дальше, можно набрести на модели некоторых на сегодняшний день труднопонимаемых

физических явлений, например, электромагнитное притяжение и отталкивание, Представим, что отдельные гравиточки «законтачены» не на всю Вселенную, а только на половину ее (или даже на ограниченную часть). Возникнет пространственная асимметрия гравиточки. Одна ее полусфера будет сплошь заполнена гравилиниями, в то время как другая будет совершенно пуста:



Ясно, что «ежи» гравилиний очень густые вблизи гравиточки, не позволяют им сближаться, поскольку здесь действует векторное отталкивание. Зато сближению гравиточек со стороны пустот ничего ее мешает. В электрических устройствах может идти сепарация частиц по свойствам пространственно-гравитационной асимметрии, когда формируется или преобладающее отталкивание, или преобладающее притягивание частиц. Известно, что мощность электромагнитных взаимодействий несравнимо больше мощности гравитационных взаимодействий, и это понятно – они имеют совершенно разную природу. Притяжение электрически разнополюсных гравиточек по мощи близко мощности гравитационного притяжения половины гравилиний Вселенной, связанных с этими точками (или тех гравилиний, которые отсутствуют на пустой половине гравиточек)*.

Можно фантазировать и на тему электрической проводимости веществ. Проводник может иметь такую структуру, в которой много однотипных неполных гравиточек (одинаково ориентированных в пространстве). Это создает в веществе туннели, более благоприятные для движения через них электронов. Сами электроны при этом могут также иметь соответственные пространственно-гравитационные асимметрии, сильно притягивающие их к другим частицам (в частности, протонам). Бег электронов по проводнику возможен именно благодаря разным асимметриям этих объектов, облегчающим

---

* Во всяком случае, трудно назвать случайностью тот факт, что электростатическое отталкивание электрона в $\mathbf{10^{42}}$ сильнее его гравитационного притяжения, а во Вселенной содержится $\mathbf{10^{84}}$ электронных масс (квадрат от первой величины)!

перемещение и способствующим значительным скоростям данного процесса.

Интересна в свете нашей гипотетической модели проблема светового излучения. Не является ли свет результатом разрушения гравиточки, когда по всем (или по многим) направлениям идут аннигиляции гравилиний? Случайно ли, что свет рождается как результат электромагнитных взаимодействий? Ведь именно там идет сепарация (и видимо, рождение) асимметричных гравиточек. Одновременно идет разрушение гравиточек или их фрагментов, Отсеченная с одной стороны гравилиния начинает быстро «втягиваться» в оставшуюся гравиточку, что ощущается как действие фотона. Фотон может поглотиться или отразиться. При поглощении «энергия» (напряженность) гравилиний оседает внутри гравиточки (возможно, питая другие гравилинии). При отражении втягивание гравилинии разрушает соседние гравилинии; этот процесс может затронуть много объектов, хотя в целом наблюдается его затухание.

Сравнительно логично решается вопрос дуалистичности волновой и корпускулярной природы света. Корпускулярность выражается в том, что втягивание гравилиний имеет точное пространственное приложение (конкретную гравиточку), а также придает гравиточке ощутимый импульс (втягиваемая линия может создавать небольшой толкающий эффект, установленный П.Н. Лебедевым), Волновая природа может выражаться в том, что при разрушении всей или части гравиточки гравилинии стягиваются не по одиночке, а широким и мощным фронтом. Частота излучения при этом может быть функцией особого дрожания гравилиний, оставшейся от квантовых колебаний той микрочастицы, в которую входила разрушенная гравиточка. Это хорошо стыкуется с тем фактом, что частота излучения пропорциональна энергии и импульсу фотона, а более импульсивные фотоны излучаются более горячим веществом.

Конечно, все эти рассуждения – не более чем догадки, но физика всегда развивалась на основе тех или иных гипотетических моделей, и изложенные здесь мысли вряд ли являются самыми утопическими.

ПАРАДОКС СКОРОСТИ СВЕТА

Опыты по определению скорости света, проведенные Майкельсоном и Морли, поразили ученых своей неожиданностью. Вопреки всем разумным основаниям, скорость света оказалась совершенно одинаковой по всем направлениям и независимой от скорости движения как источника света, так и приемника. В поисках объяснения

этого факта родилась теория относительности. Однако вполне возможны и другие гипотезы, гораздо более простые,

Итак, физики, приписывавшие в конце XIX века волновую природу электромагнитному излучению, полагали, что скорость света постоянна относительно той среды, в которой распространяются волны. Как аналог удобно сравнить эту ситуацию с распространением звука в воздухе. Скорость звука постоянна в данной среде относительно покоящихся молекул этой среды (если помнить, что каждая молекула совершает колебательные движения в определенных рамках ограниченного пространства). И если перемещаться в этой среде с различной скоростью по направлению к источнику звука или от источника звука, волны будут нагонять нас быстрее или медленнее скорости звука по правилу сложения скоростей. Со скоростью света такого не происходит – луч приходит на Землю с одной и той же скоростью, независимо от того, сближается Земля с источником или удаляется от него.

Разница в поведении звука и света с железной необходимостью вытекает из того факта, что среда распространения звука (воздух, вода, металл) представляет собой структурированное пространство, насыщенное во всех направлениях примерно одинаково расположенными молекулами. Свет же, прежде чем достичь Земли, распространяется в вакууме – пространстве изначально бесструктурном. Это значит, что не существует способа измерения, адекватно \ передающего размерность пространства. Но и от света нельзя требовать, чтобы при своем движении он промерял некое абсолютное (подобно мифическому эфиру) пространство. Свет «не знает», с какой «реальной» скоростью и в каком преимущественном направлении движется его источник (так же, как и человек, ищущий ответ на этот вопрос).

Известно., что некоторые весьма удаленные галактики разбегаются от нашей со скоростями в 0,6 и даже 0,8 от скорости света. Это утверждение было бы верным, если считать нашу галактику неподвижной. Но с позиций жителя квазара, наоборот. Млечный путь убегает со скоростью **200 000** ***км/с.*** Что делать фотону в неструктурированном пространстве, позицию какой галактики ему предпочесть?

У физиков, вслед за Ньютоном отстаивавших корпускулярную природу света, были основания полагать, что скорость света напрямую зависит от скорости источника и не зависит от свойств пространства. Скажем, фотон отрывается от одной из элементарных частиц квазара со стабильной скоростью **300 000** ***км/с*** относительно

этой частицы и движется к Земле, точно сохраняя эту скорость. Тогда при соприкосновении с земным веществом измерительные приборы зафиксируют скорость фотона $f = c - v = 300\,000 - 200\,000 = 100\,000$ *км/с,* где v – скорость удаления Земли от квазара. Таких малых скоростей света в вакууме никто не наблюдал.

Остается предположить, что постоянство скорости света есть отражение именно безразмерности пространства. Пояснить это можно следующей наглядной аналогией. Представим, что наблюдаемые нами перемещения объектов в пространстве иллюзорные, на самом деле ничего никуда не движется, меняются лишь напряженности линий гравитации. Тогда стабильность скорости света явится не функцией преодоления пространства ($c = S/t$), а функцией равномерности течения времени (что, правда, противоречит общей теории относительности Эйнштейна).

Подобная концепция проще эйнштейновской. Она не требует сложнейших математических расчетов света, чтобы он непременно уложился в формулу $S_1 = S_0\sqrt{1 - v^2/c^2}$.

Она не требует промеров пространства, как известно, в космосе весьма условных. Не нужно вводить поправки и на эйнштейновское относительное время, непонятно как замедляющее ход при увеличении относительной скорости или вблизи крупных гравитационных масс.

Стоит вдуматься глубже. Ведь теория Эйнштейна предполагает, что реально движущиеся тела непрестанно обмениваются со всем миром информацией о мириадах относительных движений и постоянно делают поправки на масштабы длин времени, масс, импульсов, энергий. Причем каждая элементарная частица осуществляет этот обмен со всеми другими двухсторонне и синхронно. То есть мир по Эйнштейну – невероятно сложная информационно-вычислительная машина с бесконечном числом бесконечнократно вычисляющих компьютеров.

КАКОВ МИР ВНЕ ВЗОРА ЧЕЛОВЕКА?

Мы неоднократно повторяли, что пространство космоса бесструктурно, хотя это весьма трудно себе вообразить. Трудно убежать от естественного человеческого восприятия, окрашивающего мироздание в антропоморфные одежды, И все-таки вопрос, каш выглядит мир вне человека, справедлив. То обстоятельство, что выглядит он (если слово «выглядит» можно применить) очень не так, вряд ли подлежит сомнению. Во-первых, никто не сказал, что масштаб человека чем-то предпочтительнее масштаба вируса или масштаба галактики. Объекты, нам известные, простираются от 10^{26} (размер видимой

части Вселенной) по 10^{-18} (структура элементарных частиц, ныне доступная для исследования) метров в поперечнике. Но согласитесь, что картина мира с высоты звезд и изнутри органической молекулы не совсем совпадает. Во-вторых, мир вне восприятия человека – это прежде всего рои элементарных частиц и всепроникающее электромагнитное и другое излучение.

Пристальнее всмотримся в воспринимаемое нами пространство. Его очевидность стократно усложняет задачу ученого. Но проанализируем обстоятельства зрительного восприятия. Глаз дает двухмерное плоскостное изображение мира, который мы считаем тем не менее трехмерным. Мы твердо уверены, что картинка мира перед нами сферична, хотя видеть можем только меньшую часть этой сферы (интересно, как ощущался бы мир шестью глазами, расположенными по всем сторонам света, а также на макушке и на подбородке? – иначе ли, нежели четырьмя глазами, расположенными по ребрам пирамиды?).

Далее, картинка мира формируется на сетчатке с помощью линзы, искажающей ход световых лучей, Есть ли гарантия, что это искажение (преломление) не искажает заодно и мироздание в нашем восприятии? Ведь перевернутость изображения, накладывающего на сетчатку, – еще не самое большое отступление от реальности. Изображение на сетчатке само по себе цены для человека не имеет, ибо оно служит лишь начальным пунктом сложной трансформации передачи сигналов и их обработки мозговым веществом. Есть ли уверенность в том, что при такой переработке мозг сохраняет неизменной поступившую в него в виде серии биоэлектрических импульсов картинку, отпечатавшуюся путем преломления световых лучей? (А сам свет: насколько адекватно он отражает структуру мира, его пространственные и прочие характеристики?) Уверенности такой нет, ибо нет у нас другого способа видения. Речь идет, разумеется, не о полной произвольности зрительных образов. В том-то дело, что они так или иначе отражают некоторые характеристик мироздания, ибо в противном случае человек не смог бы существовать в неадекватном своему восприятию мире. Но зрительные образы мозга могут походить на реалии примерно так, как буквы и соответствующие им звуки (во всяком случае, полагать полную идентичность их более чем наивно).

Итак, зрение дает очень неточное представление о космосе, рисуя нам его в виде сферы или полусферы, каковой он не является (все звезды и галактики находятся от Земли на совершенно различных расстояниях, и в сферу вписываются лишь их условные изображения).

Зрительная модель пространства, оказывается, пасует перед отображением прямых и параллельных линий, хотя для физики образ идеальной прямой чрезвычайно важен – ведь по идеальной прямой распространяется свет и инерционно должны двигаться объекты в открытом (удаленном от гравитационных источников) космосе. Как же глаз и мозг отобразят бесконечную (или, по крайней мере, весьма длинную) прямую, если бы ее можно было чем-то обозначить? Выясняется, что человеку не дано адекватно воспринимать такие объекты. Во-первых, он не в состоянии охватить всю прямую, проходящую рядом с ним, не развернувшись для обзора на 180°. Во-вторых, если такая прямая уходит в бездну ровно по оси, перпендикулярной центру зрачка, то она спроецируется на сетчатку в виде точки. Сдвинем немного глаз с этой оси – и проекция прямой приобретет вид небольшой черточки (для глаза резко ограниченной).

Начнем далее активно двигаться прочь от проведенной в космосе бесконечной прямой, черточка станет, по-видимому, быстро удлиняться. Но до каких пределов? Ведь она не сможет опоясать все небо, ибо станет тогда кривой линией. Еще занимательнее проследить отображение глазом и мозгом двух параллельных прямых, уходящих в бесконечность. Параллельные линии кажутся нам сходящимися мод определенным углом. Но тогда где-то они должны сойтись. А что потом?

Представления о прямых линиях кажутся человеку предельно естественными и очевидными. Однако ни физически, ни геометрически прямые не являются ни самыми распространенными, ни наиболее элементарными линиями. Например, геометры со времен Евклида вводили понятие прямой аксиоматично, невзирая на то обстоятельство, что построить прямую – немалое искусство, гораздо легче найти способ начертить круг или криволинейную фигуру. Сейчас, конечно, провести прямую ничего не стоит при помощи линейки, но ведь линейку надо сначала сделать. Линейка – не аксиоматическая сущность, это продукт, человеческого ума и старания. Все прочие геометрические действия (построения, расчеты, теоремы) невозможны без опоры на это искусное творение рук человеческих – линейку. Графики функций, изложенные алгебраистами, также существуют благодаря возможности человеческой руки (или фантазии) проводить прямые линии и измерять их в линейных мерах. Но известен ли науке способ чисто геометрического построения прямой с помощью циркуля или набора произвольных кривых?

Почему этот вопрос кажется нам важным? Потому что именно кривая –

естественная линия для объектов мироздания. По кривым совершаются все известные нам движения (абсолютно прямолинейное движение в мире гравитации недостижимо). Кривые – это подлинные линии природы и живых существ. Прямая же – это некая абстракция, условность, недостижимый идеал (даже свет не в силах распространяться строго прямолинейно, его путь искривляется от преломлений и под воздействием гравитационных объектов). Вот и получается, что основывая количественно-математическое описание Вселенной на аксиоматике прямых линий, мы создаем особый иллюзорный мир, имеющий мало подобия в действительности. Беря же за основу естественную для природы криволинейность, мы не и силах построить с помощью нее условный мир прямых, что, наверное, симптоматично. Да и так ли уж обязательно его строить? Может быть, есть альтернатива создания математики и механики вне идей прямых?

Невозможность построить совершенную прямую геометрическими способами – это еще мало нами сознаваемая, но неустранимая ахиллесова пята геометрии и основанных на ее выводах многочисленных наук. Это и свидетельство искусственного идеалистического происхождения наших знаний, их далекости от истинной жизни Вселенной. Зато это еще один довод в пользу гипотезы о принципиальной безразмерности (или бесконечномерности) реального мироздания. Тем более что мысль о возможной трехмерности мира также опирается на все те же прямолинейные абстракции, ничего не значащие для природы.*

Различие между прямой и кривой не всегда очевидно. Существует такой масштаб измерений, когда фрагмент дуги кривой (скажем, круга) практически неотличим от правильной геометрической прямой. Это особенно актуально для астрономических масштабов. Например, на каждые **8** ***км*** дуги орбиты спутника Земли приходится лишь **5** ***м*** падения его к центру планеты, т.е. за **1** ***с*** спутник перемещается горизонтально на **8** ***км,*** а вертикально на **5** ***м).*** На каждые **30** ***км*** гелиоцентрической орбиты Земли падение к центру Солнца составляет только **3** ***мм.*** Значит, могут быть и такие галактические орбиты, когда на **1** ***млрд км*** поступательного движения «падение» составляет **1** ***микрон.*** Как и каким

---

* Не следует обольщаться совершенством прямых линий в некоторых физических процессах, в частности, натяжения нитей и резин. Строгая геометрическая прямолинейность здесь также недостижима вследствие неоднородности материала и в связи с невозможностью создать абсолютно стабильные конструкции для крепления нитей и поддержания их в неизменном состоянии. Неустраним также эффект Кориолиса.

прибором можно обнаружить подобную кривизну?

К тому же, следует вспомнить, что мгновенная скорость любого орбитально перемещающегося тела всегда направлена строго по прямой (конечно, в идеализированном антропоморфном представлении), хотя само это тело может выполнить весьма замысловатый путь. Вот и найдите принципиальную разницу в геометрии кривой и прямой! Не потому ли эта. разница геометрически мало уловима, что пространственные характеристики мира – только плод человеческой трактовки, своеобразное пространственно-аберрационное «искривление» картины мира в его мозгу? В этом случае ньютоновский эффект прямолинейного и равномерного инерционного движения теряет смысл и единственным достоверным признаком «силового» возмущения состояния тел является внутреннее молекулярное сжатие (или растяжение) вещества. Там, где сжатие отсутствует (не путать с гравитационным сжатием вещества в массивных телах!), происходит инерционное движение, независимо от пространственной конфигурации орбиты.

Известно и другое обстоятельство: если глаз полностью лишить движения, он перестанет воспринимать даже двухмерную картину, т.е. перестает вообще что-либо видеть. Но не следует ли отсюда с логической необходимостью, что и трехмерность, и двухмерность, (даже одномерность зрительного восприятия есть результат движения самого глаза и особой системы упорядочивания зрительной информации мозгом? Может быть, в реальном мире и нет никаких прямых, по которым обязаны перемещаться фотоны и инерционные тела?

Герман Минковский выделил время как четвертое измерение, создав свою четырехмерную модель мира. Но ведь есть более естественное решение: рассматривать время проекцией одной из осей трёхмерного пространства (скажем, глубины, которую как бы «сканирует» мозг, в результате пристального всматривания глаз), временная координата непосредственно порождает одну из пространственных, Откуда берутся тогда две другие?

Здесь мы вплотную подходим к неожиданной гипотезе. Само пространство в его «человеческой» трёхмерности может быть кажимостью (каково оно на самом деле – остается только гадать). Стоит закрыть глаза – и пространство гаснет. Однако и с закрытыми глазами невозможно устранить одно важнейшее для нашего мира явление – движение. Оно ощущается, не только глазами, но и любой клеточкой человеческого организма. Ведь уже давление тела на

опору, вызванное гравитацией, – это результат непрестанного движения молекул, взаимно отталкивающих друг друга и не позволяющих веществу коллапсировать в точечный объем.

Так не являются ли воспринимаемая человеком трехмерность пространства чувственным результатом тех важнейших видоизменений, непрестанно текущих в природе, которые мы называем механическим движением? Ведь механическое движение описывается как раз с позиций именно трех параметров: гравитационных связей вещества (массы), пути перемещения и времени перемещения. Такая важнейшая характеристика движения, как импульс (или качество движения), задается этими тремя координатами: $p = mS/t$ и в единицах СИ имеет размерность $(кг \cdot м)/с$. Обратим внимание то, что в определении импульса использованы все основные единицы механики (масса, путь, время); кроме того, все параметры действуют в их линейной форме, т.е, так, как реализуется в нашем восприятии пространство. Нужно лишь побороть инерцию привычного процесса созерцания, в котором время и гравитационные силы вещества остаются за кадром, хотя наблюдаем мы мир только во времени, а линейные размеры как окружающих предметов, так и нас самих сформированы в конечном счете именно данными гравитационными параметрами.

Прямые связи гравитации и пространства постулированы и в теории относительности Эйнштейна. Постоянство и независимость скорости света в вакууме говорит о том, что скорость эта является прежде всего функцией времени, но не длины пути. Свет, как известно, выбирает не только самый короткий путь, но и минимальное время движения (при движении через преломляющие среды). Эти факты могут быть свидетельством того, что время и гравитация имеют пространственное отображение. Вообще время, пространство и гравитация связаны между собой так тесно, что в реальном физическом мире не может быть ни одного феномена, в котором можно пренебречь хотя бы одной составляющей. Даже в мировосприятии слепого при отсутствии ясной пространственной картины сохраняются параметры времени, гравитации (массы), механических движений. Они-то и образуют достаточно разнообразный круг ощущений незрячего или даже слепоглухонемого,

В этом плане естественно понимается независимость сложных движений объектов (скажем, вращательного, прямолинейно-поступательного, гравитационно-ускоренного, искривленного). Независимость отражает равновозможность любых траекторий в бесструктурном космосе. При этом бесконечное число направлений

отражает безразмерность (или бесконечномерность) нашего пространства. Само направление движения – это функция гравитационных связей вещества. Видимая картина мироздания, возможно, плод сепарации, селекции гравитационных связей вещества по всем направлениям и условным расстояниям: более мощные линии порождают ощущение меньших расстояний, и наоборот.

Итак, движений по строгим прямым линиям природа не знает. Что же тогда вынуждает человека рассматривать прямолинейное перемещение в качестве некоего эталона, приписывая только ему одному особое качество инерционности? Кажущаяся простота и естественность? Смеем утверждать, что равномерно-прямолинейное движение ничуть не «проще» с механической точки зрения, нежели винтообразное или эллиптическое. Задумаемся: что за гений в природе умудряется отмеривать за равные промежутки времени, абсолютно равные расстояния и направлять путь тел по недостижимым ни геометрически, ни физически прямым? Бог? Но если бы Бог был столь эгоистичен, что строил только прямые, он не смог бы создать видимый нами мир. Все тела, атомы, гравиточки продефилировали бы друг сквозь друга и удалились по бесчисленным и бесконечным направлениям Вселенной, никогда более не встречаясь.

Однако существующий в нашем восприятии мир совсем другой. В нем есть стабильность, повторяемость, порядок, даже своеобразная гармония. Эти свойства воплощаются через замкнуто криволинейные движения. (Можно даже утверждать: именно криволинейность и неравномерность движений порождает стабильность нашего мира.)

Естествоиспытатель, наблюдая подобные реальные свойства мироздания, пытается выразить их на языке мифических «сил» (гравитационных, электрических, магнитных и проч.). Он никогда не видел и никогда не увидит свои «силы», но этот образ помогает ему вообразить причину мирового порядка. (Кстати, физик мог бы серьёзно задуматься, почему практически все силы «консервативны», – действие их стремится со временем вернуться к исходному состоянию, а равнодействующая всех приложенных к телу сил-векторов сама собой обращается в нуль! Если бы силы были реалиями, вряд ли они так гармонично и практически мгновенно образовывали взаимокомпенсируемые пары – ведь для этого согласованного действия им тоже нужен Господь Бог!)

Предлагаемая нами модель миропонимания проще и объективнее; она в меньшей степени требует присутствия всевидящего и всезнающего высшего существа. Достаточно постулировать, что в

видимом человеку мире доминирует стабильность (повторяемость, гармоничность) – и это обстоятельство можно трактовать как причину воспринимаемых нами замкнуто-криволинейных движений. Тогда весь спектр этих движений будет восприниматься как естественное (ненасильственное) состояние материи, не требующее описания в терминах сил и энергий.

Ясно, что этот взгляд пока малопривычен, ибо он менее формалистичен. Возможно, он влечет за собой становление и развитие новой «криволинейной геометрии» с ее кривыми осями координат (нечто близкое системам Римана и Лобачевского). Он потребует и нового аппарата математики, где аргументы и результаты нынешних интегрального и дифференциального исчислений будут элементарными, а результаты вычислений с помощью четырех первых действий арифметики станут недосягаемыми с точки зрения практики феноменами.

ЛУПА ВРЕМЕНИ

Время является самой таинственной из вечных загадок природы. Ни одно событие, ни один физический процесс не мыслимы нами вне времени. Изучение времени составляет трудность не потому, что человек не имеет для его восприятия соответствующих органов чувств (как нет их у нас для восприятия магнетизма, электричества, ядерных излучений, даже гравитации). Как раз время все мы явственно чувствуем и все по нему соразмеряем. Парадокс времени – в его неуловимости, кажущейся нематериальности, эфемерности. «Есть только миг между прошлым и будущим» поется в одной популярной песенке. Средневековый философ Августин Блаженный проводил нерушимую границу между богом и человеком как раз по отношению к восприятию ими времени. Только Богу время дано целиком, наподобие пространства, человек же вынужден довольствоваться лишь призрачно маячащей створкой, отделяющей в его восприятии ушедшее в память прошедшее от еще не изведанного будущего.

Время, как и пространство, в восприятии человека континуально, непрерывно. Любой его интервал можно разбить на более мелкие интервалы, из коротких мгновений сложить длительный период. Почему человеку дана именно эта, а не какая-либо другая размерность времени и пространства? Наверное, потому, что он различает отдельные молекулы и не ощущает сотые доли секунды; есть разумное ограничение природы – воспринимать лишь то, что жизненно необходимо. Но давайте вообразим, что человек живет в

другом временном измерении или он воспользовался эдакой машиной времени, созданной фантазией Герберта Уэллса, – мир в ощущениях человека станет совсем иным.

Допустим, «новейший ускоритель» чудесным образом перестроил наши органы чувств для жизни в 1000 раз быстрее. При этом зрение и все органы чувств сохранились. Правда мир заметно потемнел, ибо даже ультрафиолетовое и рентгеновское излучения воспринимаются глазом как тона, близкие инфракрасному. Допустим также, что и наши мышечные ощущения, наша «сила» осталась в неизменном виде. Как при этом будут восприниматься механические свойства мира? Конечно, первое, на что обратит внимание наш глаз, будет обездвиженность предметов и людей, что уже было подробно описано Уэллсом. Падающий стакан действительно почти неподвижно висит в воздухе, на лицах людей застыли странные карикатурные маски.

Однако появятся и ощущения, не описанные английским фантастом. Первое из них – почти постоянное чувство невесомости. Ведь ускорение свободного падения станет в новом масштабе времени равно **0,0098** $\boldsymbol{м/с^2}$ (1 сантиметр в секунду за секунду!), что меньше чем на Фобосе – спутнике Марса. Это значит, что, поднявшись на цыпочки, мы сможем плавно коснуться пятками пола только через **5 – 6** $\boldsymbol{с}$. Ходьба обычным способом станет невозможной, ибо скоординировать «нормальные» толчковые движения с почти отсутствующим тяготением будет так же тяжело, как в открытом космосе. Легко представить последствия хоти 6ы одного «обычного» толчка ногой: можно взлететь метров на 30! А если совершить прыжок вверх с места двумя ногами? Окажешься, чего доброго, в стратосфере! (Распрямляя «в норме» обе ноги, мы можем развить ускорение, скажем, **30** $\boldsymbol{м/с^2}$, что в масштабе 1:1000 обратится уже в **30 000** $\boldsymbol{м/с^2}$, что равносильно выстрелу пушки.)

Положим тем не менее, что с проблемой перемещения мы справились (с помощью фалов или реактивного движения). Какие еще примечательные детали нам встретятся? Можно ли на лету остановить пулю? Кажется, что в масштабе 1:1000 это сделать нетрудно, ибо пуля будет двигаться со скоростью меньше метра в нашу новую секунду, т.е. медленнее мухи. Кажется также, что, находясь в новом временном измерении, нетрудно снять пулю (и даже снаряд) с траектории, погасить скорость и спокойно водворить на место. Такие условия можно вообразить в открытом космосе, где пуля и снаряд при скорости относительного перемещения **1** $\boldsymbol{м/с}$, разумеется, не очень опасны.

Однако такая экстраполяция земного опыта неверна. Пуля, летящая в космосе со скоростью **1** ***м/с,*** столкнувшись с человеком или космическим кораблем, затормозится и, не причинив вреда, отскочит назад (результат столкновения почти тот же, если пулю сбросить на себя с расстояния **20-30** ***см*** в условиях земного тяготения). Но в условиях «новейшего ускорителя» такая аналогия опасна. Почему? Пуля летит со скоростью ленивой мухи. Мы подставляем на ее пути ладонь (или для страховки лучше дощечку?). И если руку вовремя не убрать, с ужасом увидим, как пуля несколько снижая скорость, пронизывает ее, словно встретилась с мягким воздушным облачком. Именно это событие произойдет в обычном временном измерении, значит, оно абсолютно достоверно и в фантастическом эксперименте. Остановить пулю рукой может быть и можно, но для этого необходимо лететь рядом, еле заметно касаясь ее, и микроскопическими дозами сбивать кажущуюся небольшой скорость. Как только касание превысит некоторую величину, пуля начнет безжалостно погружаться в ткани и кости руки. То же произойдет с доской или тонким металлическим листом. Только массивная стальная доска способна затормозить движение пули. При этом наблюдатель увидит, что, коснувшись поверхности, пуля начнет вдавливаться в сталь, словно палец в кусок пластилина, сама при этом мягко деформируясь, как капля меда.

В чем же различие двух этих случаев: обычного движения пули со скоростью **1** ***м/с*** и фантастически воспринятого в свете «новейшего ускорителя»? Две важнейшие характеристики движения: масса и скорость – вроде бы изоморфны и должны вести себя пропорционально выбранному масштабу. Иной читатель быстро вспомнит, что разница определяется не линейной, а квадратичной зависимостью механической энергии движущегося тела от скорости. Одновременно этот факт может быть истолкован как доказательство неправомерности нашей критики реально существования кинетической энергии. Конечно, запаса энергии у быстро движущегося тела гораздо больше – вот оно и дробит кости, едва к ним прикоснется! И затормозить его трудно, Итак, да здравствует $\boldsymbol{E = mv^2/2}$!

Не станем еще раз повторять пункты нашего сомнения в корректности исчисления кинетической энергии. Но экспериментировать так экспериментировать! Положим, Герберт Уэллс нашел средство ускорения времени не в тысячу, а в миллион или миллиард раз, Пуля теперь перемещается незаметно для глаза – она просто висит перед нашим взором. Берем карандаш и пробуем ее подвинуть назад

в полной уверенности, что это нам не удастся – так велика кинетическая энергия, запасённая пулей. Но что за странные вещи? Металл при малейшем к нему прикосновении испаряется и исчезает, как легкое облачко, карандаш мгновенно рассыпается в пепел. Как же в таком случае применить формулы механических взаимодействий, включая формулу $\boldsymbol{E = mv^2/2}$? Оказывается, законы механики в своём исходном виде теперь не применимы, ибо предметы как бы изменили своё агрегатное состояние. Это уже не твёрдые тела, а жидкие или даже газообразные, при столкновении их слабо связанные молекулы разлетаются в разные стороны. Растворяясь в воздухе, потеряв свою итак малую скорость.

Вот в чём может быть главный секрет иного масштаба восприятия времени – в изменении внутренних физических характеристик предметов и веществ. Пуля вдребезги крошит кость и при этом сминается сама, потому что в этом временном масштабе все вещества становятся податливы, теряют значительную часть своей упругости и твёрдости. Топнув ногой, уэллсовский герой вряд ли сможет сделать это второй раз, ибо кости его ноги, мягкие, как свежее масло, не смогут уже восстановить свои первоначальные функции. Понятно, что пуля будет внедряться в кусок доски с той же неукротимостью, как ложка в мёд.

Объяснить изменение упругих и пластических свойств веществ при переходе к иному масштабу времени несложно. В молекулах вещества происходят постоянные круговые и колебательные микро-движения атомов и элементарных частиц. Соприкасаясь с обычной малой скоростью, упругие тела не допускают соприкосновения их молекул, расталкивая их электромагнитными силами отталкивания и препятствуя проникновению вглубь вещества быстрыми флуктуациями гравиточек. В ускоренном масштабе времени при той же кажущейся скорости меньше становятся электромагнитные силы отталкивания (так же, как гравитация) и медленнее – колеблющиеся атомы; элементарные частицы и отдельные гравиточки не успевают противодействовать внедрению чужих частиц материи, Молекулярная волна сжатия передается по веществу не однородно, а с большими перепадами интенсивности (в отдельных местах идут разрушения молекул, их повышенные закрутки или колебательные флуктуации, на чем теряется векторно ориентированный импульс контакта). Сами сталкивающиеся тела могут распадаться на фрагменты, разлетающиеся далее по случайным траекториям и направлениям. Может возникнуть кощунственное подозрение: а не являются ли разные упругопластические и агрегатные свойства веществ

отражением того, что они существуют как бы в разных временных масштабах?

Воспользовавшись «новейшим ускорителем», было бы интересно проследить за таким сложным явлением, как взлет самолета. Представим, что герой Уэллса, приняв порцию снадобья **1:1000**, прикрепился *к* крылу самолета, который плавно разгоняется для взлёта. Скорость на глаз малозаметна, но вот когда она достигла **5** ***см/с*** (реально **50** ***м/с),*** самолет начал отрываться от взлетной полосы. Как это происходит? В этом временном масштабе самолет весит в **1000** раз меньше (скажем, **20** ***кг),*** ускорение подъема тоже заметно меньше – **0,01** ***м/с*^{2}**. В обычных условиях эти **20** ***кг*** вряд ли получили бы какое-то вертикальное ускорение при скорости набегающего потока воздуха **5** ***см/с.*** Этот легкий ветерок (дуновение) плавно обтекало бы корпус и крылья, молекулы упруго отталкивались бы как от корпуса самолета, так и друг от друга. Но в новом масштабе времени упругость молекул как воздуха, так и металла резко падает. Они не успевают набирать обратную реактивную скорость, так как их в это время пластично сжимают все новые и новые порции молекул. Под крылом создается очень плотный и густой слаборассасывающийся массив воздуха с большим удельным давлением. Соприкасающиеся с крылом и корпусом молекулы находятся в распластанном, деформированном состоянии, многие плотно влипают в промежутки между молекулами металлического вещества самолета, которое тоже в этом временном масштабе не успевает вытолкнуть их назад (это хорошо известное налипание молекул газа или жидкости при большой скорости перемещения), Таким образом, даже при субъективно воспринимаемой небольшой скорости **5** ***см/с*** воздух образует с крыльями и корпусом весьма значительную площадь статуарного кольцевого движения, передающего почти весь запас импульса без его обращения, что увеличивает толкающую вверх подъемную, силу, которой теперь ничего не стоит достичь ускорения **0,01** ***м/с*^{2}** и устремить **20** ***кг*** массы ввысь,

Противоположные качества можно было бы увидеть в замедленном масштабе времени (скажем, **100:1**). Например, мы решили разрубить щепочку топором, Со всей силы размахиваемся, резко ударяем, но топор игриво отскакивает назад, не оставив никакого следа. Возможно ли такое? Представим, что мы в невесомости (чтобы исключить действие тяготения, о котором скажем ниже), и ваш стремительный замах в масштабе **100:1** на самом деле будет выглядеть как осторожное, нежнейшее прикосновение, выполняемое со скоростью улитки. Ясно, что топор в такой ситуации не оставит на

щепке даже легкого следа. Получается, таким образом, что в масштабе замедленного течения времени тела «обретают» небывалую твердость, прочность, максимальную упругость. Живя в таком мире, человек ощущал бы себя могучим и неприступным. На свежем воздухе его постоянно овевали бы жуткие ураганы, но предельно упругие молекулы газа лишь нежно скользили бы по налитому свинцом телу. Кстати, весил бы человек **6 - 7** ***т***, ускорение свободного падения имело бы фантастическое значение – 1 ***км/с***^{2}. И только неимоверно возросшие твердость и упругость костей, мышц, хрящей не позволяли бы весу раздавить царя природы. Но общее самочувствие вряд ли было бы таким уж хорошим. Сами подумайте, легко ли держать в руках арбуз массой **600** ***кг*** или даже вытянутую вперед руку, стремящуюся упасть с каким-то космическим ускорением? Действительно, и ослабленная рука, и любой выпавший из рук предмет практически мгновенно оказывались бы внизу – человек не успевал бы следить за падением. А мучения с возросшей тяжестью легко понять, если, представить, что в обычном масштабе времени человек вынужден был бы полтора часа стоять как вкопанный (меньше минуты по удлиненному новому масштабу) или полчаса держать на весу руку, не меняя положения тела (18 секунд), по целой минуте плавно опускать на землю то одну, то другую ногу (полсекунды в новом масштабе!) и т.д.

Вообразим теперь такую фантастическую ситуацию, когда герой многократно и спонтанно меняет масштаб времени и однажды теряет ориентир. Он в космическом корабле, в невесомости, Перед его взором маячит металлический шарик. Дотрагиваться до него или осторожно отодвинуться прочь? Классическая механика в этом случае рецептов не даст – у нее кинетическая энергия контакта по формуле $E = mv^2/2$, а земной эталон **v** теперь неизвестен. Памятуя о зависимости упругих и пластических свойств вещества от масштаба скорости, сделаем несколько разведывательных движений. Легонько двинем мизинцем: если он не испарится и не отвалится, значит, масштаб меньше, чем 1:1 000 000, Легонько прикоснемся пальцами: если кожа осталась цела, значит, масштаб меньше 1:1000. Если же можно безболезненно колотиться головой о бетонную стену, свободно отскакивая от нее как от надувной камеры, считайте, что мы попали в противоположный масштаб – 100:1.

До сих нор кинематики описывали передачу движения, пользуясь идеализировавшим представлениями о макротелах, откуда и проистекают усредненные догматы формул $p = mv$; $E = mv^2/2$. Сложные зависимости внутренних свойств веществ при разных

скоростях контакта, которые оказывают влияние на результаты контакта, еще только предстоит раскрыть. Лупа времени, о которой мы вели речь, способна стать моделью в изучении этих важнейших природных зависимостей,

КВАНТОВАННОЕ ВРЕМЯ

Если пространство безразмерно и бесструктурно, почему мы должны быть уверены, что время везде идентично измеримо и изотропно? Нам не дано точно знать даже, прерывно оно или непрерывно, Факт изотропности времени (одинаковости его свойств во всех уголках Вселенной), например, существен только с человеческой точки зрения, ибо наблюдаемая изотропность может быть отражением каких-то постоянных свойств наших чувственных реакций. С другой стороны, постулируя безразмерность пространства и отсутствие в действительном мире реальных перемещений, логично допускать все-таки одномоментность времени для всей Вселенной, Время вряд ли распространяется с конечной скоростью, а существует сразу для всех гравиточек, являясь отражением реальности их связей друг с другом.

На наш взгляд, многие трудности в объяснении мироздания могут уменьшиться, если полагать течение времени прерывным, квантованным, ибо бесструктурность времени, наряду с бесструктурностью пространства, дает мало почвы для ответа на вопрос: а почему же тогда воспринимаемый нами мир структурен? В квантовой модели времени его «течение» можно представить как последовательный ряд неподвижных картинок сочленения гравилиний разной «напряженности» (вспомните, ничто никуда реально не движется). Воспринимаемое человеком последование этих квантов-картинок в их наложениях друг на друга (произвольных или каким-то образом упорядоченных), наподобие кадров на киноэкране, рождает ощущение «течения» времени, движения, изменчивости.

Какова длительность каждого временного кадра? Вот она-то может быть безразмерной, ибо ее измерение мы вынуждены были бы проводить по антропогенным меркам, хотя воспринимаемая нами временная продолжительность – величина вторичная, производная. Во Вселенной вряд ли существуют часы, отмеряющие «течение» времени, отделяющего появление одного кадра от другого. Образно говоря, между кадрами-квантами может быть раскинута как бесконечность, так и неощутимый миг (что для мироздания все равно). Таким образом, вопрос длительности кванта-картинки или промежутка между двумя из них практически лишен смысла, ибо эту

длительность нельзя никак и ничем адекватно измерить. Но в антропогенном смысле длительность самого временного кадра достаточно мала и, возможно, приближается к $\mathbf{10^{-23}}$ ***с***, доступным для измерения существующими способами.

Вероятно, существует некоторое число (скажем, $\mathbf{z = 10^{25}}$), отражающее количество временных квантов-картинок, умещающихся в интервале воспринимаемой человеком секунды. Кстати, производным именно этого числа, возможно, и выступает скорость света ***с* = 300 000 *км/с.*** Тогда $\mathbf{c/z = \mathit{l}}$ можно рассматривать условным антропоморфным квантом пространства. Скорость света есть тогда смещение на один квант пространства за один квант времени, что в нашем масштабе измерений воспринимается как **297000 *км*/*с*.**

Реальная безразмерность кванта времени в сочетании с безразмерностью кванта расстояния и дает ту ситуацию, когда, скорость света не зависит от относительных, а тем более абсолютных (этих в природе нет вообще) скоростей источника и приемника.

Итак, воспринимаемая нами картина мира может мозаично складываться из мириадов разрозненных квантов-картинок, каждый из которых ничего общего с целостной картиной мира может не иметь. Невообразимая сложность и необъятная величина Вселенной, бесчисленность частичек материи, возможно, являются следствием наложения друг на друга квантов-картинок несравнимо меньшей сложности и насыщенности. (Так, изображение на экране телевизора складывается в результате поочередного высвечивания крохотных ячеек чувствительной эмульсии, покрывающей экран электронно-лучевой трубки. Каждая такая точка, разумеется, нисколько не похожа на целостное изображение.)

Ясно, что мелькающие кадры разнообразны, но с другой стороны постоянно идут и повторы. Если бы все кадры были абсолютно одинаковы, мы не регистрировали бы многочисленных движений и изменений. Но кадры эти не могут быть и постоянно обновляемыми, тогда мы вряд ли могли бы воспринимать именно картину мира, а наблюдали бы бессвязный калейдоскоп картинок, «белый шум». Именно в наличии как стабильных, так к обновляемых кадров – залог той реальной ситуации мироздания, которую нам приходится созерцать. Причем стабильные сами медленно и плавно видоизменяются, а среди мобильных немало экзотически редких, весьма эпизодических. Возможно, в сонме кадров есть градация от весьма устойчивых (вплоть до «вечно-устойчивых») до слабоустойчивых, Видимая нами стабильность мира: миллиарды лет существования звёзд и планет, гор и морей, время жизни протона 10^{30} лет, орбитально-вращателъное

движение большинства объектов – от галактик, звездных систем, планет до электронов, длительное время сохраняющих диспозицию относительно друг друга (кстати, по нормативным механическим расчетам электроны должны были упасть на ядра в первые несколько секунд «творения», чего все же не происходит), широкая распространенность колебательных процессов – это ли не косвенное доказательство преобладания устойчивых квантов? Закон инерции движения, справедливый в широких пределах – тоже эффект преобладания стабильных кадров. С другой стороны, причинно-следственные связи многочисленных событий можно рассматривать как появление своеобразных «трещин» в череде устойчивых кадров (большей или меньшей длины, большей или меньшей ширины). Такая «трещина» может тянуться через всю Вселенную, а может затронуть только узкий объем.

Косвенно «трещина» может реализоваться, наверное, даже через духовную жизнь человека. Недаром, все более доказанным становится влияние погоды, магнитных колебаний Земли, вспышек на Солнце непосредственно на самочувствие человека, его здоровье и даже саму жизнь. Нет ничего невероятного в том, что жизнь человека, возможно, зависит и от дальнего галактического, космоса – ведь в бесструктурном вакууме гигантские относительные расстояния не являются большой помехой для формирования единой квантовой картинки и некоторые «трещины» вполне могут тянуться к нам от далеких звезд.

В данной модели есть доля вероятности даже обратного влияния некоторых поступков человека на состояние мироздания (ведь всё со всем связано). Во всяком случае, негативное влияние человека на природу уже не скроешь! Не абсолютно мифически выглядит возможность предсказания, предвещения, ясновидения, предчувствия, телепатических способностей человека, ибо в их основе может лежать факт повторяющегося схождения квантов.* Но повторение это частичное и уловить (а тем более идентифицировать и сформулировать) его могут только очень чувствительные люди, «общающиеся с небесами». Может быть, когда-нибудь докажут реальность знахарских заговоров, «сглаза», заклинаний беды, «колдовства», которые вполне вероятны именно в силу единства мира и инерции далеко распространяющихся «трещин» в череде стабильных кадров. Даже если без чертовщины: человек замотался в незнакомом городе, в конце концов потерял сумку с покупками и кошельком – впереди его ждет расстройство, возможно, ссора с женой, трудности

---

* В том числе повторяющиеся взаиморасположения планет.

семейного бюджета, изменение планов поездки на юг... Тот же, кто нашел эту пропажу, двигается уже совсем не так и думает уже совсем не о том, о чем раньше. Это и понятно, ибо участников происшествия связывает одна, и та же «трещина», прочертившая перспективу их нового инерционного бытия.

Наряду с засильем стабильных кадров-картинок достаточно большая доля изменчивых. Об этом свидетельствуют постоянная флуктуация ядер, электронов, дрожание атомов и молекул, вариативность ядерных распадов и превращений, даже неопределенность Гейзенберга, отсутствие в микромире понятия траектории частиц в привычном смысле. Отражением процесса многочисленных смен кадров можно объяснить волновые эффекты света и огромные частоты волновых колебаний.

Возможно, в системе смены кадров имеется своеобразная «множительно-контрольная установка» – иначе чем объяснить полную идентичность основных элементарных частиц: нейтронов, протонов, электронов, фотонов?

Наконец, возможна и сепарация кадров-картинок в разных регионах Вселенной, Тогда возможны не только мир и антимир, но и многочисленные «одновременно» существующие миры. Умопомрачительные скорости разбегания галактик – может быть, всего-навсего эффект затухания сверхслабых связей в кадрах-картинках. Чем слабее связь, тем удаленнее выглядит объект и тем скорее затухает его связь с нами. Вспомним, что наблюдаемые скорости убегания прямо пропорциональны расстояниям до галактик, что не может быть случайным, а является порождением одной и той же причины.

Данная модель способна внести лепту даже в объяснение механизма гравитации. Чем больше масса, тем стабильнее, как правило, серии кадров, формирующих облик этой массы. Все мелкие тела стремятся к сближению с этой массой в силу именно преобладания в бытии этого объекта стабильных квантов-картинок, которые стремятся еще более упорядочить свою стабильность. Между прочим, случаи падения тел на планеты и звезды, чреватые космическими катаклизмами, относительно редки, зато решительно преобладает орбитадьное движение их – свидетельство превалирующей стабильности кадров-картинок. В этом смысле «сила» гравитационного притяжения есть результат, а не причина орбитальных движений звезд, планет и спутников.

Поражаясь тому преобладанию порядка в мироздании, который устанавливается в результате достаточно хаотических последовательностей квантов-картинок, можно серьезно усомниться в правомерности

данной гипотезы. И все-таки в ней есть «запас прочности». Хорошо всем известная картина радуги ведь тоже возникает на фоне относительно хаотических движений молекул воздуха и воды. Подходя антропоморфно, порядок из хаоса можно вообразить как следствие невероятно большого числа квантов, умещающихся в воспринимаемом человеком мгновении. Однако никто не вправе утверждать, что порядок кадров абсолютно хаотичен, скорее он периодичен. Да и что такое конкретный порядок появления кадров, если они существуют словно вне времени? Возможно, что серии кадров сепарируются (самоподбираются) по принципу родства или аналогии. И близкие по виду разворачиваются в картину ближнего нам мира (планеты, территории, дома), а дальние – дальнего мира (Млечный путь, квазары). Связующими звеньями между мирами являются ниточки световых лучей. Последние – следствие также сепарации серий квантов-картинок, но кажущееся нам в состоянии стабильного перемещения. Частота и интенсивность световых лучей каким-то образом связаны с глубинными процессами квантообразования и сепарации.

И последнее фантастическое предположение: а не является ли сепаратором квантов-картинок мозг человека – особое устройство собирания и сортировки кадров? Многим эти мысли покажутся нереалистическими, субъективистскими, даже мистическими. Но не стоит спешить. Закройте глаза и представьте, что вы умерли (либо не появлялись на свет). Какая для умершего или не рожденного разница, что было сначала, а что потом, что миллион лет назад. Для умершего время (и пространство) приходит к своему естественному состоянию – бесструктурному и внемасштабному.

Все эти необычные трактовки сущности времени и пространства не должны пугать человеческое воображение, они ничуть не сложнее и не невероятнее, нежели почти общепринятое ныне представление о бесконечных полях (в частности, гравитационном) или о вакууме, способном порождать материю (вспомним общепринятую теорию большого взрыва или мысль о виртуальных частицах). Зато возможны новые интересные представления.

Квантово-временная модель позволяет связать гравитационные взаимодействия, полная разгадка которых еще очень далека, с квантово-вероятностными процессами, протекающими в микромире. Иными словами, поставим вопрос: не является ли гравитационное притяжение одним из наблюдаемых нами антропоморфных результатов вероятностного распределения временных квантов? Стабильная часть квантовой картины стремится к сохранению

своих параметров с тем большей достоверностью, чем больше стабильных элементов в неё включено (вспомним формулу Байеса, показывающую, что с чем большей частотой осуществляется данное событие, тем больше шансов встретиться с ним вновь). Тогда ускорение свободного падения g_i, направленное к центру массы какого-либо гравитационного объекта, можно рассматривать как относительную численную характеристику вероятности p_i вовлечь в орбиту своего влияния другое тело, находящееся в точке i на расстоянии Ri от центра гравитационного притяжения, т.е. чем больше ускорение g_i, тем крепче космическая связь наблюдаемых материальных тел. Последние при этом могут падать друг на друга, вращаться по орбитам одно вокруг другого, двигаться по эллиптическим, синусоидальным, спиральным, параболическим, гиперболическим и иным гравитационным траекториям.

Если гравитационная связь объектов стабильная (стабильна квантовая картинка), они никогда не удаляются слишком далеко друг от друга, держась парами или группами. Наоборот, при нестабильных связях объекты разлетаются без всякой надежды когда-либо встретиться.

В «очеловеченном» описании этих явлений физики прибегают к понятиям гравитационных сил, якобы удерживающих (спрашивается чем?) массы на стабильных орбитах. Вспомним закон всемирного тяготения Ньютона $F_i = \gamma \frac{Mm}{R^2}$, согласно которому Землю и Солнце скрепляет своеобразная гравитационная пружина, на динамометре которой астрономическая величина $F_т = 3{,}64 \cdot 10^{22} Н$. В то же время ускорение Земли к центру Солнца $g_{з-с} = F/m_з$ составляет скромную величину $0{,}0059\ м/с^2$. Интересно, что точно такое же ускорение будут иметь в точке, удаленной от Солнца на такое же расстояние, как и Земля, любые тела с любой массой (скажем, с массой больше чёрной дыры).

Само ускорение с точки зрения физика – это нечто реальное, его можно измерить, зафиксировать приборами. Гравитационную силу в точке орбиты можно только вычислить.

Если величину гравитационного ускорения рассматривать как показатель меры стабильности астрономической системы, открывается перспектива именно вероятностного истолкования гравитации, что сблизит законы большого космоса с законами микромира. По нашему мнению, описание гравитации на языке мифических гравитационных сил ничем не предпочтительнее, нежели вероятно-

стно-квантовая модель. Последняя только проще и не оперирует гигантскими величинами гравитационных сил,

Вероятность сближения тела с массой m и гравитационного объекта с массой M (или по-другому – удержание гравитационной связи) пропорциональна величине притягивающей массы. Отношение $G \sim M$ не зависит от взаимодействующей массы m. (Масса m также притягивает M, но с ускорением тем меньшим, чем меньше m: $M/m = G/g$.) Иными словами, чем больше гравитационная масса, тем с большей скоростью стремится она увеличиться или стабилизировать свои отношения с другими массами.

Но как интерпретировать обратноквадратичнуго зависимость G и g от R (расстояние между центрами масс взаимодействующих тел)? Представим ситуацию, когда мы находимся на поверхности планеты и когда ускорение свободного падения максимально: $g_{max} = \gamma \frac{Mm}{R_0^2}$,

(R_0 – радиус планеты, расстояние до центра массы). Плоский круг, пересекающий центр планеты перпендикулярно наблюдателю, будет иметь угловой радиус $r_0 = 360/2\pi = 1$ радиан и площадь $S = \pi r_0^2 = 10313{,}24$ квадратных градусов. Эту величину можно рассматривать как условную единицу площади,, «вырезанной» плоскостью планеты в поле зрения космического наблюдателя и соответствующей как максимальному g_{max}, так и максимальной условной вероятности (p_{max}) сближения тел с поверхностью планеты ($g_{max} \sim p_{max}$). Будем теперь постепенно удаляться от поверхности планеты в космос. Видимый радиус планеты r_i будет уменьшаться прямо пропорционально расстоянию R_i от центра, а площадь S_i , очерчивающая в наблюдаемом пространстве тело планеты, начнет уменьшаться обратно пропорционально квадрату как радиуса видимого диска планеты, так и пройденного расстояния R_i от центра планеты ($S_i = \pi r_i^2$).

Иначе говоря, если мы поднимемся над планетой на высоту, равную радиусу R_0 (от центра это $2R_0$), площадь изображения ее на небесной сфере уменьшится в **4** раза. При $3R_0$ над центром площадь $S_i = \pi r_i^2$ станет в **9** раз меньше и т.д. Но не удивительно ли, что и g_i на высоте $2R_0$ над центром станет в **4** раза меньше, а на высоте $3R_0$ – в **9** раз меньше!? Подобную корреляцию g_i с S_i ($g_i \sim S_i$) можно рассматривать как простое совпадение. Но можно посмотреть на нее с «космической» пристальностью. Вполне резонно, что вероятность сближения P_i на расстоянии R_i, имеющая эквивалент ускорения g_i , зависит не только от массы M планеты, но и от вероятности

попадания тела именно в данный наблюдаемый участок неба. Отсюда, если площадь участка неба, занятого объектом ***M***, уменьшается, пропорционально уменьшается и P_i, численно описываемое через g_i.

Теперь легко вывести формулу гравитационного ускорения g_i через площадь видимого на небесной сфере изображения планеты в точке ***i***:

$$g_i = g_{\max}\frac{\pi \cdot 1рад^2}{\pi \cdot r_i^2} = g_{\max}\,(\,r_{irad}\,)^{\,2}$$

(наблюдаемый угловой радиус планеты r_i следует взять в радианной мере). Если g_{max} (на поверхности) заранее неизвестно, то подойдет формула

$$g_i = \gamma\frac{M}{R_0^2}\,(\,r_{irad}\,)^2\,,$$

где ***M*** – масса планеты; R_0 – её реальный радиус.

Проверим на практике. Ускорение свободного падения на поверхности Солнца G_{max} = **273,8** *м/с*^{2} . С орбиты Земли угловой радиус Солнца видится в среднем $r_З$ = **15'59" = 959,63"**. Тогда ускорение к центру Солнца на орбите Земли ($g_{З\text{-}С}$) составит:

$$g_{З\text{-}С} = 273{,}8\ (\ 959{,}6 \times 4{,}848 \cdot 10^{-6}\ рад)^2 = 0{,}00592\ м/с^2$$

(1 секунда дуги составляет $4{,}848 \cdot 10^{-6}$ радиан), что точно соответствует реальности. Другой пример. Ускорение g_{max} на поверхности Луны равно **1,622** *м/с*^{2}. *С* орбиты Земли средний угловой радиус Луны видится как $r_З$ = **15'32,4" = 932,6"**. Ускорение всех объектов (с которых Луна видится такой же, как с Земли) направленное к центру Луны, имеет величину

$$g_{З\text{-}Л} = 1{,}622\ (\ 932{,}6 \times 4{,}848 \cdot 10^{-6}\ )^2 = 0{,}000033\ м/с^2$$

Сказанное можно пояснить и другим способом. Представим, что космонавт находится в открытом космосе среди звезд и планет, с каждой из которых он находится в том или ином гравитационном взаимодействии (и может с ними сближаться или образовывать устойчивые пары). Вероятность сближения с каким-либо космическим телом, выраженная через ускорение свободного падения к нему (**g**), будет зависеть прежде всего от масс звезд и планет. Но вероятность эта будет повышаться в направлении той области неба, которая будет занимать в поле зрения космонавта большую площадь ***(Si).*** С точки зрения квантово-вероятностной теории, чем

больше объем (определяемый массой) и площадь (определяемая видимыми размерами) гравитационного взаимодействия, тем меньше у тела свободы выбора, т.е. больше вероятность сближения именно с этой массой и с этой площадью. Заметно превосходящая остальные масса или площадка неба является как бы своеобразной воронкой на сфере Вселенной, которая втягивает в себя другие тела:

Наш космонавт мог бы свободно двигаться по любому из бесчисленных направлений окружающего его пространства, если б они были идентичны. Однако направление на большую массу и большую видимую площадь, занимаемую последней на небе, предпочтительнее для космического тела, ибо жестче отнимают у нет свободу выбора и с вероятностью $\boldsymbol{P}$ узаконивают его предпочтительные гравитационные связи с этой массой.

Итак, ускорения, которые испытывают все космические тела по отношению друг к другу, не обязательно являются причиной наблюдаемой стабильности мироздания. Возможно и наоборот – ускорение есть следствие устойчивости вселенского порядка, «антропоморфный образ» стабильности,

Показательно проследить, как выглядел бы мир при других гравитационных взаимоотношениях. Например, если бы гравитационных ускорений вовсе не наблюдалось, все тела разлетались бы по прямым линиям и по бесчисленным направлениям. Если бы ускорение существовало, но зависело только от массы, мир стал бы медленно стягиваться в одну точку, центром которой оказалось бы самое массивное тело Вселенной. Линейная зависимость ускорения от удаленности гравитационных объектов также мало способствовала бы разнообразию устройства Вселенной. Все гравитационные траектории выглядели бы более плавными, но и более однородными. Вряд ли произошла бы дифференциация материи на мощные дискретные образования: галактики, звездные миры, планетные системы. Наоборот, кубическая зависимость $\boldsymbol{g_i}$ от $\boldsymbol{R_i}$ слишком быстро расколола бы мир на дискретные участки, в каждом из которых с большой скоростью происходило бы схлопывание вещества в точечные объемы.

Таким образом, наблюдаемая реально зависимость гравитационных факторов весьма полно отображает существующий уровень стабильности мироздания. Возможно, она является и причиной воспринимаемой нами трехмерности пространства (квадрат расстояния + время; площадь видимого изображения тел + масса).

Надеемся, эти проблемы еще привлекут к себе пристальное внимание исследователей и любителей подлинной материальной (а не сугубо математической) физики.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПОСТОЯННЫЕ

Согласно гипотезе Хаббла, галактики разбегаются во все стороны от Земли и солнечной системы, причем скорость разбегания тем выше, чем дальше от нас галактика. Какая причина заставляет их двигаться нередко с субсветовой скоростью? Ответ на этот вопрос пока не найден, хотя многие склоняются к гипотезе Большого взрыва, произошедшего около 15-20 млрд лет назад. Представим, что Земля действительно, как полагали древние, центр Вселенной. (На самом деле центра Вселенной, видимо, не существует: он нигде, и значит, везде.) Если вещество Вселенной в какое-то мгновение было стянуто вокруг нее в маленький объем, то что-то, наподобие электростатического отталкивания, которое на «поверхности» электрона достигает величины $\mathbf{1{,}6\cdot10^{31}}$ $\boldsymbol{м/с^2}$ (см. с. 146), должно было взорвать его. Чтобы наша гипотетическая Земля «оттолкнула» от себя галактики (удобно считать и наоборот: галактики оттолкнули Землю) и «разогнала» их до субсветовых скоростей, на ее поверхности должно действовать электростатическое отталкивание с ускорением $\boldsymbol{G_З = c^2/2R_З = 7{,}055\cdot10^9\ м/с^2}$. Для Солнца эта величина меньше:

$\boldsymbol{G_С = c^2/2R_С = 6{,}46\cdot10^7\ м/с^2}$.

Дальнейшие рассуждения приводят нас к тому, что $\boldsymbol{g}$ и $\boldsymbol{G}$, действовавшие в момент взрыва на поверхности любого физического объекта (от электрона и до всей Вселенной), связаны с интересными отношениями: $\boldsymbol{gR\eta = GM\varepsilon}$,
где $\boldsymbol{M}$ – масса объекта; $\boldsymbol{R}$ – его радиус; $\boldsymbol{\eta}$ и $\boldsymbol{\varepsilon}$ – постоянные, равные соответственно

$$\eta = \frac{\pi c^2}{3} = 9{,}4117\cdot10^{16}\ м^2/с^2;\ \varepsilon = \frac{2}{3}\pi\gamma = 1{,}39\cdot10^{-10}\ м^3/(кг\cdot с^2).$$

Формульные сегменты с π возникают из равенств $g = \varepsilon\sqrt{CM/R}$; $G = \eta\sqrt{CR/M}$, где С - средняя плотность вещества, определяемая из отношения $\frac{M}{V} = M/\frac{4}{3}\pi R^3$ для шарообразных объектов (V - объ-

ём тела). G когда-то расталкивало космические тела, g держит их на привязи сейчас.

Соотношение G/g для разных тел различно. На «поверхности» электрона оно достигает максимума: $G_e = 1{,}6\cdot10^{31}$ *м/с*^{2} , $g_e = 7{,}65\cdot10^{-12}$ *м/с*^{2} , G_e/g_e = = $2{,}08\cdot10^{42}$. Для Земли оно меньше: $G_з = 7{,}055\cdot10^{9}$, $g_з = 9{,}8$, $G_з/g_з$ = 7,2$\cdot10^{8}$. Для Солнца еще меньше: $G_c = 6{,}46\cdot10^{7}$, $g_c = 273{,}8$, $G_c / g_c = 2{,}36\cdot10^{5}$. Возникает вопрос: есть ли в природе объекты, для которых G/g будет равно единице? В этом случае $R\eta = M\varepsilon$, а $M/R = \eta/\varepsilon = 6{,}73\cdot10^{26}$ *кг/м* (величина $\eta/\varepsilon = D$ также является удобной постоянной для некоторых формул, например, $M = RgD/G$; $g = MG/RD$). Из этого соотношения можно было бы выявить гипотетическую массу Вселенной; это, видимо, единственный объект, для которого может действовать соотношение $G/g = 1$. При предполагаемом ныне радиусе Вселенной $R_{вс} \sim 10^{26}$ *м* $M = DR = 6{,}7\cdot10^{52}$ *кг.* Эта цифра по размерности близка рассчитываемому на сегодняшний день состоянию: масса Солнца $2\cdot10^{30}$ *кг.* В нашей галактике подобных звезд около 10^{11} , галактик же вполне может быть $10^{10} – 10^{12}$. Легко определить среднюю плотность вещества $C = M/\frac{4}{3}\pi R^3 = 1{,}6\cdot10^{-26}$ *кг/м*^{3} . Для этих условий $G = g = 4{,}6\cdot10^{-10}$ *м/с*^{2} . Так как притяжение и отталкивание уравновесили друг друга, то мировой порядок оказывается достигнутым. Весьма интересно, что соотношение между G_e и g_e электрона, равное $2{,}08\cdot10^{42}$, приближается к соотношению $R_{вс} / R_e$, равному 10^{41}. Для этого случая $M\varepsilon = R\eta = 9\cdot10^{42}$. Обратим внимание, что размерность $M\varepsilon$ и $R\eta$ – *м*^{3}*/с*^{2}, что корреспондирует с метрической частью закона Кеплера, согласно которому кубы расстояний до светила (R^3) пропорциональны квадратам времени (t^2), за которое спутник делает оборот вокруг светила.

Итак, на краю Вселенной гравитация выступает как некая инверсия электростатического отталкивания. Величина отталкивания здесь уравновешена величиной притяжения. Поэтому за «краем» Вселенной вещества быть не должно.

Альберт Эйнштейн мечтал вывести силу тяготения из силы электромагнитных взаимодействий. Примерное равенство $g_{вс}$ и $G_{вс}$ для целостной Вселенной и близость этой величины к g_e электрона – это ниточка, которая может привести к разгадке взаимоотношения этих важнейших для целостности мироздания величин! Крайности сходятся – самый маленький и самый большой из всех известных ныне объектов в чем-то родственны. Случайность ли это? А может

быть, наоборот, здесь и нужно искать признаки гармонии мира?! Электрон словно бы задает физические параметры всей Вселенной. А может быть и наоборот, Вселенная формирует гравитационные и электростатические свойства электрона.

Продолжая ряд знаменательных совпадений, которые заметил еще Поль Дирак, увидим, что ускорения свободного падения g в крайних точках нашей галактики и солнечной системы также близки аналогичным значениям g, найденным для видимой части Вселенной и для электрона. Так, для галактики $g = \gamma M/R^2 = 10^{-11}$, для Солнечной системы $g = \gamma M/R^2 = 10^{-10}$. Показательна зависимость средней плотности вещества объектов от их радиуса: $C_e/C_{Bc} = R_{Bc}/R_e$, откуда можно сформулировать константу $C_e R_e \approx F$, составляющую по данным электрона **0,08** *кг/м*^{2}. Если бы данная константа действительно имела место, можно было бы уточнить соотношение масс и объемов многих космических тел. Радиус и масса были бы связаны формулами $R = \sqrt{M/F}$; $M = FR^2$. Тогда актуальный радиус солнечной системы при известной ее массе $2 \cdot 10^{30}$ *кг* был бы $R = \sqrt{M/F} = 5{,}1 \cdot 10^{15}$ *м*. А радиус галактики при $M = 10^{41}$ *кг* был бы $R = 10^{21}$ *м* (100 000 св. лет).

Есть что-то символическое и в соотношении величин $(G_e/g_e)^2 = N_e$, где N_e – число электронных масс во Вселенной: $M_{Bc} : me = 10^{83}$; $(G_e/g_e)^2 = 10^{84}$. Близкое совпадение столь больших чисел не может быть случайностью в нашем неслучайном мире!

Если поразмыслить над формулами, устанавливающими зависимость между расстояниями до космических тел (R), их массами (M), ускорением свободного падения на «поверхности» (g) и орбитальными скоростями (v) – бросается в глаза, что с увеличением расстояния до космического объекта более всего подвержено изменению ускорение свободного падения $g = \gamma M/R^2$ (в обратной квадратичной пропорции) и менее всего – орбитальная скорость $v = \sqrt{\gamma M/R}$ (в обратной квадратнокоренной пропорции). Следствием этих отношений является тот факт, что огромные расстояния до центров гравитации при всей малости величин ускорения вовсе не препятствуют формированию больших орбитальных ' скоростей. Так, если Земля ускоряет Луну с $g = 0{,}27$ *см/с*^{2} и при этом Луна движется по околоземной орбите со скоростью $v \approx 1000$ *м/с*, то Солнце ускоряет Землю с немного большим ускорением – $g = 0{,}59$ *см/с*^{2}, но Земля летит в пространстве со скоростью **30 000** *м/с*. Само Солнце несется вокруг центра галактики со

скоростью **v = 250** ***км/ с,*** хотя ускоряющее действие последнего **g = 10^{-10}** ***м/с^2*.**

Напрашивается мысль продолжить этот ряд. Возможно, наша галактика и галактики, расположенные за миллиарды световых лет от нас, также вращаются вокруг некоторого метагалактического центра. Метагалактическое ускорение может быть ничтожным, но ... скорости вращения!!

Примерный расчет с массой метагалактики ***M* = 10^{53}** ***кг*** и расстоянием от ее центра до доступных наблюдению окраин ***R* = 10^{26}** ***м*** дает величину орбитальной скорости $v = \sqrt{\gamma M/R} = 10^8$ *м/с*, что близко скорости света **($3 \cdot 10^8$** ***м/с).***

Вспомним еще раз версию Хаббла, согласно которой галактики удаляются со скоростью тем большей, чем они дальше от нас. Галактики, расположенные на расстоянии **10 – 15** млрд световых лет, мчатся в космические дали с субсветовыми скоростями. Возникает законное подозрение: а не является ли красное смещение, наблюдаемое для далеких галактик, следствием огромных орбитальных скоростей последних, а не их общепризнанного радиального удаления от нас? Выявить орбитальный или радиальный характер красной смещения нельзя, тем более что, в отличие от звуковых волн, располагающихся продольно к наблюдателю, световые волны имеют перпендикулярную ориентацию к траектории своего распространения.

Само по себе орбитальное вращение планет вокруг звезд, звезд вокруг центров галактик является настоящим, плохо объяснимым чудом. Откуда взялись столь колоссальные количества движения, заставляющие огромные массы нестись по орбите с трудновообразимыми скоростями? Может быть, это действительно результат электростатического расталкивания, действовавшего на ранних стадиях образования Вселенной? Во всяком случае, орбитальные скорости, как и радиальные, хорошо описываются формулой $v_{op} = \sqrt{MG/D}$, где ***G*** – ускорение электростатического отталкивания на данном расстоянии от центра светила. Эта формула нисколько не уступаем широко известному соотношению $v_{op} = \sqrt{gR}$, только она выражена через массу светила и ***G.***

В конце концов складывается следующая космогоническая модель. На раннем этапе существования Вселенной, который начинается «большим взрывом», вещество разбрызгивается во все стороны действием электростатического отталкивания Частицы вещества, отделившиеся от праматерии первыми, разгоняются до субсветовых скоростей. Если бы пространственное расположение вещества во

взорвавшейся Вселенной было симметричным и равномерно-однородным, имела бы место космогоническая картина Хаббла: все галактики, звезды, планеты, даже все элементарные частицы разлетались бы по строго радиальным направлениям от центра взрыва. Однако неоднородное распределение массы заставляет частицы материи искривлять свои траектории. Действие электростатического притяжения противоположных зарядов не только замедляет разлет элементарных частиц, оказавшихся поблизости друг от друга, но и замыкает орбиты электронов вокруг протонов. Действие гравитации не только замедляет разлет атомов и молекул, но и группирует их в большие агломерации: кометы, планеты, звезды, галактики. Планеты замыкают орбиты вокруг звезд, звезды вокруг центров галактик, галактики вокруг метагалактического центра.

Скажем больше. Строго радиальное направление разбегания уже давно должно было сильно замедлить скорость и, возможно, смениться сжатием. Элементарные численные выкладки показывают, что для массы $M = 10^{53}$ *кг*, если бы гравитация действовала с первых мгновений взрыва, скорость убегания должна была бы составлять невообразимую величину. Даже если бы гравитация возникла в момент, когда горячая Вселенная достигла радиуса **10** *м* (световой год), скорость убегания составила бы

$$v = \sqrt{2M\gamma/R} = 3{,}65 \cdot 10^{13}\ м/с\ ,$$

что во много раз больше скорости света. Но и эта гигантская скорость уже была бы на излете для дальних галактик. Еще более интересно, что скорость убегания даже при современных раздутых габаритах Вселенной составляет ровно $c = 300\,000$ *км/с,* т.е. ни один самый быстрый электрон не сможет навеки покинуть Вселенную, а будет возвращен в нее. Этот результат заставляет о многом задуматься. Прежде всего, это значит, что электростатическое расталкивание вещества могло действовать еще очень долго после взрыва. Возможно, в ослабленном виде оно действует и сейчас. Кроме того, именно с помощью суммы трех обстоятельств – неоднородности распространения вещества после взрыва, гравитации и электростатического отталкивания – можно пробовать реконструировать процесс образования всех космических агломераций – от молекул до галактик. Трансформация же радиальных скоростей в круговые, эллиптические, спиральные и др., идущая под действием этих разнонаправленных взаимодействий, «консервирует» скорости, и последние могут теперь сохраняться вечно! (Есть еще один

нерешенный вопрос: а был ли, собственно говоря, «большой взрыв»?)

Вспомним, что вторая космическая скорость объектов, связанных с крупной массой, отличается от первой в $\sqrt{2}$ = 1,4 раза. Следовательно, достаточно уменьшить скорость разлета в 1,4 раза и искривить ее вектор на **90°**, чтобы превратить орбиту в эллиптическую и даже круговую. Расчеты показывают, что необходимые для этих действий сгустки массы во Вселенной имеются: это звезды, звездные скопления, а также скопления галактик, имеющих, как это недавно выяснилось, неоднородную, паутинчатую структуру в пространстве.

Если вещество, составившее будущую галактику, было выброшено со скоростью света, то его круговая скорость по окраинам Вселенной должна составить **c/$\sqrt{2}$ = 212 000 *км/с***. Наблюдающиеся сейчас скорости до **240 000 *км/с*** говорят либо об эллиптических скоростях крайних галактик, либо о еще не закончившемся повороте векторов их радиальных скоростей. Это вполне вероятно, ибо свет от наблюдаемых нами далеких галактик был испущен около 10 млрд лет назад. Зато в настоящее время эти объекты могли уже обрести стабильное орбитальное движение вокруг межгалактического центра. Их красное смещение будет наблюдаться теперь вечно, Кроме того, отпадает опасность коллапса, следующего из модели пульсирующей Вселенной.

О НЕКОТОРЫХ МИРОВЫХ КОНСТАНТАХ

С детских лет постигаем мы механику электрических взаимодействий, сфокусированных в законы Кулона, Ома, Ампера, Максвелла и др. Дает ли что-либо новое здесь применение импульсных представлений?

Вспомним закон Кулона, устанавливающий силу электрических взаимодействий в соотношении величин зарядов и расстояния между ними:

$$F_{эл} = \beta \frac{Q_1 Q_2}{R^2}.$$

Форма записи закона Кулона аналогична формуле всемирного тяготения Ньютона. Однако величина $\boldsymbol{F_{тяг}}$ у Ньютона имеет скорее отвлеченно математический характер. Физически гораздо выгоднее представить закон Ньютона с позиций гравитационного ускорения ***g***, которое испытывали бы все тела, находящиеся на расстоянии ***R*** от центра массы ***m*** гравитационного объекта:

$$g = \gamma \frac{m}{R^2}.$$

Эта величина переменная и на разных высотах (***h***) принимает различные значения

$$g_h = \frac{gR^2}{(R+h)^2}.$$

Но не фиктивна ли и аналогичная величина $F_{эл}$ в формуле Кулона? Может быть, этот закон также можно выразить через ускорение $g_{эл}$, с которым заряд *Q* отталкивает или притягивает (в зависимости от знака) прочие заряды. Тогда $g_{эл}$ можно будет выразить как

$$g_{эл} = \beta \frac{Q}{R^2}.$$

Коэффициент β в формуле Кулона имеет размерность $9 \cdot 10^9 (Н \cdot м)/Кл^2$. Эта огромная величина (особенно в сравнении с постоянной Кавендиша) способна поразить воображение. В то же время кулоновская постоянная может пониматься гораздо очевиднее. Для того чтобы найти $g_{эл}$, следует установить эквивалент массы электронов, составляющей 1 кулон заряда. Так как кулон дают $5{,}69 \cdot 10^{-12}$ *кг* электронов, то формула $g_{эл} = \beta \frac{Q}{R^2}$ при $Q = 1 Кл \sim$ **~ 5,69 • 10^{-12} *кг*** и ***R* = 1 *м*** дает эталон $g_{эл} = 7{,}914 \cdot 10^{20}$ $м/с^2$. С таким гигантским ускорением компактный объект, целиком состоящий из $6{,}24 \cdot 10^{18}$ электронов, отскакивал бы от другого такого же объекта. Сформулируем проще: 1 кулон электрического заряда притягивает (отталкивает) заряженные объекты, расположенные на расстоянии 1м от его центра с ускорением $g_{эл} = 7{,}914 \cdot 10^{20}$ $м/с^2$. Но тогда меняется смысл, величина и размерность β. Эта электростатическая постоянная будет равна

$$7{,}9 \cdot 10^{20}\ м/с^2 : 1\ Кл/1\ м^2 [м^3/(Кл \cdot с^2)];$$

больше кулонов – больше электродинамическое ускорение, больше расстояние до заряда – меньше (в квадратичной пропорции) ускорение.

Читатель, наверное, обратил внимание, как «очеловечилась» размерность кулоновской постоянной. Это всего лишь эталон механического ускорения, верный для заряда **Q = 1*Кл*** на расстоянии ***R* = = 1 *м***. Сравните с новой трактовкой постоянной Кавендиша: $\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ $м/с^2$ для массы **1 *кг*** на расстоянии **1 *м.***

В принципе можно привести к механическим универсалиям и закон Ома. Как известно, он устанавливает зависимость между силой тока (***I***), напряжением ***(U)*** и сопротивлением проводника (***R***): ***I = U/ R.*** Несмотря на кажущуюся простоту соотношений, формула Ома заставляет серьезно призадуматься. Все величины в ней (ампер, вольт, ом) автономны по размерности и несводимы к механическим отношениям. Единственный выход их в классическую механику – через электрический ватт (единицу мощности) и электрический джоуль (единицу энергии и работы), что, как мы уже показали, имеет сомнительную ценность.

Из всех номиналов формулы Ома более корректно одно из существующих определений ампера (кстати, в теории электричества мало используемое): как величины тока, соответствующей прохождению конкретной величины заряда (**1 кулона ~ 6,24·10^{18}** электронов) в единицу времени (**1*c***) через сечение проводника. Две остальные величины пока слабо вписываются в общую механическую картину природы. Но может быть, напряжение и сопротивление можно выразить как-то иначе?

Подумаем, в каких случаях через сечение проводника сможет течь больше зарядов в единицу времени: 1) если в материале проводника больше свободных электронов на единицу его массы (или объема); 2) если сечение проводника шире; 3) если больше скорость продвижения зарядов. Первые два случая, как очевидно, характеризуют действие электрического сопротивления. Серебро проводит ток лучше, чем вода, из-за того, что в нем неизмеримо больше свободно перемещающихся электронов. По толстой проволоке при равных условиях пройдёт электронов больше, чем по тонкой. Третий же случай не отражен пока в законе Ома. Вернее, скорость течения зарядов там есть (1 ампер = 1 кулон/с), но это **не та** скорость! Вообразите, что нас заинтересовала скорость течения тихого Дона у села Дивногорье. В справочнике вы нашли цифру **100 *m/c*.** Что даст вам эта цифра? Сама по себе она вполне корректна и отражает секундный расход воды в этой реке (и даже в этом месте). Однако для прогноза купания эта цифра бесполезна. Ведь если река в этом месте узкая и неглубокая, скорость воды (потока) может достигать небезопасной величины, и наоборот.

Так же и в случае электрического тока. Весьма небесполезно знать скорость движения конкретных носителей электрических зарядов – электронов. Скорость эта различна для разных токов, и ее относительную величину как раз и определяет фактор электрического напряжения. Мы, конечно, пока не сможем поставить знак равенства между

напряжением и конкретной скоростью движения электронов в проводнике, ибо зависимость эта нуждается в широкой экспериментальной проверке, но мы уже сейчас сможем переформулировать закон Ома с механических позиций.

Итак, чтобы получить эквивалент единицы «силы» электрического тока, нужно знать усредненную скорость электронного потока (***V***), сечение проводника ***(L)*** и количество электронов, содержащихся в единице объема проводника ***(E).*** Все эти сведения общедоступны, хотя и малопривычны для электротехника. Тогда закон Ома предстанет в следующем виде: ***I = VEL*** (электронов в секунду). Введем коэффициент ***q* = 1,60·10^{-19} *Кл/эл*** (заряд электрона в кулонах), и мы получим выражение «поток электричества» в ***Кл/с*** или ***A:*** ***I = VELq***.

Скажем, по медной проволоке сечением **1 *мм*^{2}** (**0,000001*м*^{2}**) со средней скоростью ***V* = 0,0027 *м/с*** (соответствующей напряжению **10 *В)*** движется электронный поток. Зная, что в **1 *м*^{3}** меди при данной температуре содержится **1,4·10^{28}** свободных электронов, устанавливаем **I = 0,003· 0,000001·1,6·10^{-19}·1,4·10^{28} = 6 *Кл/с.*** Математически эти операции более громоздки, нежели обычные ***I*** = ***U/R*** , зато физически они яснее описывают электрические процессы, не маскируя их автономными величинами напряжения и сопротивления. (Для сравнения: расход воды реки Дон под Дивногорьем рассчитывается по сходной формуле ***I = VEL,*** где ***V*** – усредненная скорость поступательного движения молекул воды, равная **0,2 *м/с; E*** - плотность воды, равная **1 *т/м*^{3}*;*** ***L*** – сечение дна, равное **500 *м*^{2}**. Тогда ***I* = 0,2·1· 500 =100 т/*с*.**)

В модифицированной формуле Ома ***I = VELq*** (если принять, что ***V*** соответствует электрическому напряжению) величина **Elq** была бы обратно пропорциональной сопротивлению ***R***: **Elq = *I/R.*** Обратим внимание на то, что в новом написании закона Ома ***E*** и ***q*** – величины постоянные для данного материала. Их можно было бы заменить коэффициентом ***k = Eq,*** показывающим количество кулонов, заряжающих **1 *м*^{3}** материала. Для меди эта величина равна **2,2·10^9 *Кл/ м*^{3}**. Тогда формула упрощается до ***I = VLk***, а при ***k = const*** величина силы тока прямо зависит от скорости движения электронов (***V***) и сечения проводника ***(L).*** Если сечение проводника также неизменно, то ток определяется только скоростью электронного потока (напряжением). Хорошо понимаются инверсия ***L=I/V*** (сечение данного проводника можно установить, зная величину си-

лы тока и скорость электронов) и инверсия $V = I/L$ (скорость электронов в данном проводнике можно рассчитать, зная «силу тока» и сечение). Разумеется, сечение проводника не изменяется под действием I или V, поэтому существенны только пропорции $I \sim V$ или $V \sim I$ (при данном сечении, например, речного дна суммарный секундный расход воды пропорционален только скорости течения воды, и наоборот, что само собой разумеется).

Не стоит думать, что заменой U на V и R на I/Lk мы сразу внесли свою лепту в закон Ома. Все гораздо сложнее. Дело в том, что понятия сопротивления, напряжения, а также отношения U/R в классической электродинамике многомерны. Еще Ом делил сопротивление на внешнее и внутреннее, говорил не только о разности потенциалов, но и о падении напряжения на участках электрической цепи. Это значит, что в самой простой электрической машине омовы величины I,U,R находятся в затейливом взаимодействии.

Представьте себе, что вас интересует не столько секундный расход воды, не столько скорость ее течения, сколько то действие, которое вода совершает, катясь по руслу реки. Вас может заинтересовать действие реки по перемещению ила, подмыванию берегов, нагреванию воды, причем все это либо в отдельности, либо вкупе; в данном месте или в целом от истоков до устья; в секунду или за все время существования реки. Эти данные получить намного труднее. Но именно они могут заинтересовать гидрологов и инженеров. Электротехников также интересует реальное действие тока по нагреванию элементов, порождению движения, магнитным свойствам. Конкретные расчеты не входят в нашу задачу, но ясно, что работу электрогенераторов и электромоторов вполне можно выразить как в дэвах, так и в единицах интенсивности – ньютонах. Соответственно интерпретируются и электромагнитные, а также тепловые свойства электрического тока в полном соответствии с уравнениями Максвелла, Ампера, Ома и др.

Одну из интереснейших констант обнаружил Максвелл, когда сравнил электростатическую постоянную $\beta = 9 \cdot 10^9$ $(Н \cdot м^2)/Кл^2$ с постоянной магнитного действия тока $b = 10^{-7}$ $Н/А^2$. Отношение их оказалось в точности равным квадрату скорости света $c^2 = 9 \cdot 10^{16}$ $м^2/с^2$. Простым совпадением это быть не может, ибо совпадает не только число, но и размерность c^2. В то же время механизм этой связи отнюдь не очевиден, скорее даже загадочен.

Представим идеальный случай, соответствующий определению размерности ампера: ампер равен силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум прямолинейным параллельным

проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового сечения, расположенным в вакууме на расстоянии **1 *м*** один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной **1 *м*** силу взаимодействия, равную $\mathbf{2{\cdot}10^{-7}}$ ***Н*** (Резолюция 2, одобренная IX сессией ГКМВ, 1948). Подобные условия достижимы, если электроны будут двигаться друг за другом по прямой, при этом в каждую секунду через любой контрольный пункт должен проходить суммарный заряд в **1 Кл** ($\mathbf{6{,}24 \cdot 10^{18}}$ электронов). Скорость движения в отсутствие сопротивления будет приближаться к скорости света *с*.*

Таким образом, через контрольный пункт за **1*с*** должна проследовать цепочка электронов длиной 300 000 км. Тогда любой метр длины подобного проводника должен содержать $\mathbf{6{,}24 \cdot 10^{18}}$: $\mathbf{3{\cdot}10^{8}}$ = $\mathbf{2{,}08{\cdot}10^{10}}$ электронов, что соответствует суммарному заряду $\mathbf{Q = 2{,}08{\cdot}10^{10}}$ ***эл*** $\mathbf{\cdot\ 1{,}6\ {\cdot}10^{19}}$ ***Кл*** $\mathbf{= 3{,}336\ {\cdot}10^{-9}}$ ***Кл.*** Именно при этих условиях сформируется магнитное взаимодействие токов, которое можно вывести непосредственно из электростатического взаимодействия электронов. На традиционном языке сил это будет выглядеть так:

$$F = \beta\frac{Q^2}{R^2} = 9\cdot 10^9\frac{(3{,}33\cdot 10^{-9})^2}{1м^2} = 10^{-7}H$$

(в двух проводниках $\mathbf{F_{тока} = 2{\cdot}10^{-7}}$ ***Н***). Это и будет постоянная взаимодействия токов ***b***, соотносящаяся с ***β*** на величину $\boldsymbol{c^2}$. Теперь понятно, что при скорости электронов, близкой к скорости света, заряд, содержащийся в **1 *м*** проводника, в 300 000 000 раз меньше **1 *Кл***, что и дает разницу ***β/b*** в $\boldsymbol{c^2}$.

Разумеется, в конкретных измерениях скорость электронов меньше ***с***. И при токе в **1 *А*** содержание их в **1 *м*** проводника, следовательно, больше. Однако уменьшение скорости электронов ведет к пропорциональному уменьшению их импульса, так что возрастание количества электронов полностью нейтрализуется падением их импульса, что и выражается в неизменной постоянной ***b***, фиксирующей постоянство суммарного импульса электронов в единице длины проводника при токе данной величины.

---

* Постулат о скорости света в движении электронов можно пояснить и другим рассуждением. Согласно формуле ***I*** = ***U/R***, при сопротивлении, стремящемся к бесконечности (вспомним требования «ничтожно малой площади кругового сечения» проводника), напряжение также должно стремиться к бесконечности, дабы получалась величина **I = 1а**. В этом случае, поскольку напряжение непосредственно связано со скоростью движения зарядов, скорость электронов должна стремиться к максимально возможной, т.е. к ***с*** !

Суммарный импульс электронов, содержащихся в проводнике длиной l , легко вычислить по формуле $P = I\chi l$, где I – сила тока; l – длина проводника, χ -– постоянная импульса тока, равная $5{,}693\cdot10^{-12}$ *дэв /(а· м).* Можно вычислить и количество участвующих в движении электронов N, содержащихся одномоментно в данном проводнике длиной l при скорости их движения v: $N = y\ I\ l$ / v, где y – коэффициент $6{,}24\cdot10^{18}$ *эл/Кл*, Отсюда, в частности, следует, что при скорости движения электронов $v = 1$ *м/с* и силе тока $I = 1A$ в **1** *м* проводника содержится ровно 1 кулон заряда ($6{,}24 \cdot 10^{18}$ электронов).

Интересно, что отношение ускорения статического заряда в **1***Кл* и ускорение притягивающего (или отталкивающего) действия тока силой **1***А* на одном и том же расстоянии **1***м* равно скорости света c.

Для заряда 1 Кл $\dfrac{Q_1^2\beta}{2m_1R^2} = 7{,}914\cdot10^{20}$ *м/с*^{2} . Для тока в 1 А

$$\frac{Q_2^2\beta}{2m_2R^2} = 2{,}639\cdot10^{12}\ м/с^2$$

(m_1 – масса электронов, содержащихся в **1** *Кл; m_2* – масса электронов в **1** *м* проводника; Q_2 – суммарный заряд электронов в **1** *м* проводника). Отношение этих величин составляет ровно **299 792 458**.*

Коснемся существа еще двух мировых констант: постоянной Планка и скорости света. Как известно, постоянная Планка $h = 6{,}6\cdot10^{-34}$ *Дж·с* устанавливает зависимость энергии излучения от частоты колебаний (или длины волны).

Импульсные представления позволяют модернизировать постоянную Планка, так же как и прояснить ее физическую суть. Сопоставим два выражения квантовой механики $\varepsilon = h\nu$ и $p = h\nu/c$, где ε – энергия частицы; p – импульс; h – постоянная Планка, ν – частота излучения; c – скорость света. Видно, что энергия и импульс частицы прямо зависят от произведения $h\nu$ и различаются лишь масштабом, сопоставимым с $c = 300\ 000\ 000$ *м/с.* Это обстоятельство дает нам возможность выразить особую импульсную постоянную *(p)*, выводимую из двух других:
$p = h/c = 2{,}208\cdot10^{-42}$ *дэв/ Гц (кг·м)* . Этот эталон легко усвоить: каждый герц электромагнитного излучения несет с собой $2{,}2\cdot10^{-42}$ дэв движения. Если час-

---

* Обратите внимание, что в этих рассуждениях c – безразмерная величина, наподобие *T?*. Не есть ли это первый шаг к осуществлению мечты Эйнштейна о системе «безразмерных постоянных»!?

тота излучения фотона $\nu = 10^{14}$ **Гц**, то его импульс равен $p\nu = 2{,}2 \cdot 10^{-28}$ ***дэв*** . Падение на площадку 10^{28} фотонов (N) принесет суммарный импульс $p = p\nu N = 2{,}2$ ***дэв.*** Если это происходит за **1** ***с,*** будем иметь интенсивность радиационной передачи движения $I = p\nu N/t = 2{,}2H$. Так квантовые процессы насыщаются обычным механическим содержанием.

Интересна еще одна модификация постоянной Планка. Так как **1** ***Гц*** излучения фотона способен принести $2{,}2 \cdot 10^{-42}$ ***дэв*** движения, то это эквивалентно массе m, движущейся со скоростью света c: $p = mc$. Следовательно, каждый герц колебания фотона эквивалентен массе $m = p/c$. Рождается постоянная $\eta = c^2/h = 1{,}4 \cdot 10^{50}$ ***Гц/кг,*** показывающая соотношение частоты колебаний с эквивалентом соответствующей массы. В частности, она означает, что действие фотона с гипотетической частотой $1{,}4 \cdot 10^{50}$ ***Гц*** было бы равносильно действию 1 кг массы, движущейся со скоростью **300 000** ***км/с***! ($m = \nu / \eta$) .

Квантовая механика, основанная на действии константных величин h и c, устанавливает соразмерное отношение импульса и «энергии» частиц. Величина ε здесь имеет стабильный коэффициент по отношению к импульсу и скорости света: $\varepsilon = pc$. Это не значит, что понятие энергии в этом случае становится корректным. Просто ее исчисление в джоулях отражает пропорциональное исчисление импульса в дэвах, но в масштабе **300 000 000 : 1**. Можно было бы говорить, что **1** ***дэв*** аллегорически заменяется $3 \cdot 10^8$ квантовыми джоулями.

Подобная пропорциональность величин импульса и энергии будет наблюдаться во всех случаях, когда скорость объектов константна. Скажем, масса $m = 1$ ***кг*** **,** движущаяся со скоростью $\nu = 1$ ***м/с,*** имеет импульс $p = m\nu = 1$ ***дэв,*** его кинетическая энергия в этих условиях $E_{кин} = m\nu^2/2 =$ $= 0{,}5$ ***Дж***. Если же с подобной скоростью будет двигаться масса **10** ***кг,*** для нее показатель импульса будет **10** ***дэв,*** а показатель кинетической энергии – **5** ***Дж***. Отношение E/p будет константным, только **1** ***Дж*** в этих случаях будет «равен» **2** ***дэв***.

Пропорциональность величин импульса и энергии в эффектах квантовой механики маскирует некорректность самого понятия энергии, ибо оперирование энергетическими параметрами не противоречит наблюдаемым экспериментам. Огромный же масштаб $1 : 3 \cdot 10^8$ не может испугать ученого, привыкшего к астрономическим цифрам.

Особенной загадкой для ученых вот уже более ста лет выступает постоянство скорости света. Лоренц и Эйнштейн создали математические модели, в которых все физические параметры (масса, пространство, время, импульс и др.) меняются в зависимости от отношения скоростей **v/c** так, чтобы ***c*** всегда оставалось равным **299,793 тыс. *км/с.*** В какой-то степени теория относительности Эйнштейна стала аллегорией того пушкинского очага, который хитроумные физики вращают вокруг курицы. Механизм столь всеохватных изменений всех физических параметров вокруг постоянства скорости света никому не известен: укорочение длины, замедление времени, рост импульса и энергии при увеличении скорости постулируются последователями Эйнштейна с той же убежденностью, с которой Ньютон в свое время постулировал понятие силы. Мы не берем на себя дерзость в очередной раз «опровергать» теорию относительности, хотя ее идеи для автора этих строк явно небесспорны, хотя бы по той причине, что скорость ***c*** сама по себе есть некое условное выражение, верное в рамках неких условных систем координат (вспомним, что пространство относительно и безразмерно, а посему в нем нельзя с абсолютной уверенностью отмерить ни **1 *м,*** ни **300 000 *км).***

Находящийся в стремительном полете фотон вполне может рассматриваться как покоящийся в своей системе координат. Представим теперь, что в космосе есть два тела, расстояние между которыми не изменяется со временем. От одного из них в сторону второго вылетел фотон. В системе координат фотона тело **А** будет стремительно удаляться, в то время как тело **Б** начнет столь же стремительно приближаться к покоящемуся фотону (наподобие двух автомобилей на гонках, когда зритель оказывается между ними). Если расстояние между телами будет **300 000 *км,*** то, вылетев из **А**, фотон столкнется с **Б** через **1 *с.*** Скорость удаления **А** будет равна скорости приближения **Б** (т.е. ***c***).

В другой ситуации расстояние между **А** и **Б** изменяется со временем, скажем, каждую секунду увеличивается на **100 000 *км*.** В момент времени t_0 тело **А** начнет удаляться от покоящегося фотона, а тело **Б** станет приближаться. Вопрос: с какой скоростью? Наблюдатели на **Б** поймают фотон и установят, что скорость столкновения в точности равна ***c.*** Но тогда и с точки зрения фотона сближение с **Б** будет идти со скоростью ***c.*** Таким образом, тело **А** будет удаляться со скоростью ***c,*** а тело **Б** приближаться с той же скоростью. Чем же тогда второй случай отличается от первого? Теория относительности полагает, что расстояние **А – Б** в сторону **Б** будет «сморщивать-

ся» под воздействием скорости **Б**, равной **100 000** ***км/с***. В результате через **свою** секунду фотон столкнется с **Б** так же, как если бы **А** и **Б** не разлетались друг от друга. В момент столкновения фотон преодолеет **300 000** ***км*** «сморщенного» пространства, которое и со стороны **А**, и со стороны **Б** будет выглядеть вовсе «несморщенно» и значительно больше этих **300 000** ***км***. То есть фотон «нагоняет» разницу расстояния **А – Б**, образующуюся в результате его изменения. В момент вылета фотона все расстояния между объектами как бы замирают в его поле зрения. Следовательно, к любому объекту фотон прилетит со скоростью ***с***. Эти рассуждения остроумны, хотя и не объясняют механизмы столь точного пропорционального «сморщивания» пространства и замедления времени. Ведь скорости разлета и сближения объектов – величины непостоянные, идущие с различными и все время меняющимися ускорениями. Значит, находящийся в полете фотон должен мгновенно реагировать и на эти подвижки скорости!

Современная теория не дает ответа на вопрос о происхождении самой скорости света. Известно лишь, что она является одной из важнейших мировых констант. Но нельзя ли выразить ***с*** через другие константы и физические отношения? Вернемся к электромагнитным взаимодействиям, описываемым законом Кулона. Заряд в 1*Кл* на расстоянии 1*м* от него отталкивает или притягивает (в зависимости от знака) другие заряды с ускорением **$7{,}9 \cdot 10^{20}$** ***м/с***^{2}. Это ускорение постоянно меняется, ибо зависит от квадрата расстояния. Пространство электромагнитного взаимодействия, как и гравитация, уходит в бесконечность. Но из гравитационных уравнений вытекает, что, несмотря на бесконечные расстояния, до которых простирается действие тяготения, существует вполне конечная скорость (так называемая скорость убегания), которая необходима телу, чтобы преодолеть гравитацию на протяжении любых расстояний от гравитационного объекта. Скорость убегания различна для разных расстояний от массы; максимума она достигает на поверхности космического тела и высчитывается по формуле $V_{\max} = \sqrt{2gR}$, где ***g*** – ускорение свободного падения на поверхности; ***R*** – расстояние до центра массы (радиус). С какой бы высоты ни стало падать тело на планету, скорость падения не сможет превысить $\sqrt{2gR}$.

Проведем теперь аналогию с электромагнитными взаимодействиями. Свободный электрон притягивает к себе заряд, находящийся на бескрайнем расстоянии от него. Какую конечную скорость разовьет этот заряд? Бесспорно, она будет конечной, но какой точно?

Вот здесь-то и возникает соблазн сопоставить этой конечной скорости скорость света ***c*** **,** тем более что свет есть прямой продукт именно электронных процессов.

Заряды, в противоположность гравитации, могут не только притягивать, но и отталкивать. Отсюда рождается гипотеза: существуют такие величины R_e электрона и g_e на его «поверхности»*, которые порождают отталкивающий эффект, устремляющий фотоны прочь от электронов с достижением своего предела – скорости света *c.*** Величины эти рассчитать нетрудно. Если 1 *Кл* заряда на расстоянии **1** ***м*** отталкивает заряды противоположного знака с ускорением $g = 7{,}9\cdot10^{20}$ ***м/с*** , то каждый из электронов, составляющих этот кулон на том же расстоянии, будет иметь $g_{e1м} = g/N = 126{,}78$ $м/с^2$ (при количестве электронов (*N*) в **1** ***Кл*** **6,242·10^{18}**). Для нахождения g_e на «поверхности» электрона воспользуемся соотношением $g_e = \frac{g_h (R_e + h)^2}{R_e^2}$, где h = 1***м*** и где R_e пока неизвестно. Зато известно, что скорость света c гипотетически составляет

$$c = \sqrt{2g_eR_e}$$,т. е. равна $\sqrt{\frac{2g_h (R_e + h)}{R_e}}$.

Теперь легко устанавливаются $R_e = \frac{2g_h \cdot 1м}{c^2} = 2{,}82\cdot10^{-15}$ (так называемый классический радиус электрона) и

$$g_e = \frac{g_h (R_e + h)^2}{R_e^2} = 1{,}59\cdot10^{31}\ м/с^2.$$

Проверим: $c = \sqrt{2g_eR_e} = 299{,}8 тыс.км/с$.

Поражает воображение ускорение начального отталкивания на «поверхности» электрона g_e = **1,59·10^{31}** $м/с^2$, но именно эти цифры помогают примириться *c* фактами гигантской скорости фотонов, их мгновенного разгона от электрона и столь же мгновенного торможения при столкновении с другим электроном и снова разгона до **300** ***тыс. км/с*** при отражении световой волны! Именно в этих цифрах может заключаться разгадка столь высокой мобильности фотонов, равно как и наблюдаемая стабильность ***c.***

Попробуем пояснить в гипотетическом плане скорость распространения так называемого электромагнитного поля, которая также

---

* Точнее - в сфере максимального действия электромагнитных эффектов.

** Будучи электрически нейтральными, фотоны, видимо, с равным основанием отталкиваются от любых частиц.

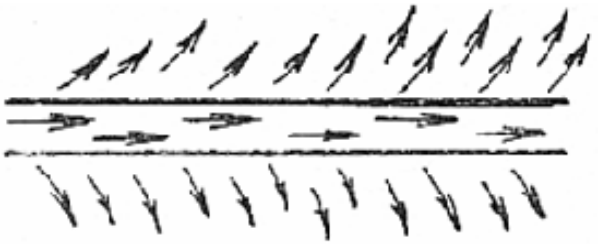
равна ***c***. Считается: чтобы в проводнике возник электрический ток, должно от минуса к плюсу перекинуться электромагнитное поле, которое несет информацию о разности потенциалов и сопротивлении. Лишь затем в полном соответствии с формулой $I = U/R$ это поле погонит электроны по проводнику. Скорость наведения поля – **300 000** ***км/с,*** несмотря на то, что средняя скорость перемещения электронов по проводнику лежит в пределах от долей миллиметра до нескольких десятков (иногда сотен) метров в секунду. Мы не разделяем идею полей, как гравитационных, так и электромагнитных. Но что же распространяется в проводнике со скоростью ***c*****?** Ведь электрический сигнал, посланный из Москвы, уже в сотые доли секунды достигает Владивостока. Оказывается, средняя скорость движения электронов и скорость распространения электромагнитной волны не зависят друг от друга. Представим железнодорожный состав, который трогается с места, набирая скорость **0,5** ***м/с.*** Как скоро волна ускорения достигает последнего вагона? Если бы состав был сплошным, то волна двигалась бы со скоростью звука в металле (**1500** – **2000** ***м/с).*** На самом деле скорость волны много меньше, ибо | между вагонами лежат буфера, увеличивающие время прохождения волны (как это делает и любая пружина). Но эта скорость не зависит от скорости перемещения состава, которая может быть и доли сантиметров, и десятки метров в секунду.

Примерно то же в проводнике. Как только избыток электронов на выходе источника тока векторно толкнет первую шеренгу электронов проводника, те в свою очередь подвинут вторую шеренгу и т.д. По проводнику побежит волна передачи движения электронов, наподобие волны молекулярного сжатия. Сдвинувшийся электрон тут же подталкивает электроны, лежащие на его пути, в связи с действием электромагнитного отталкивания. Но передача электронной волны сжатия не может быть мгновенной (что свидетельствовало бы о сплошном строении материи). Она определяется как раз формулой $v = \sqrt{2g_e R_e}$ и не способна превысить этот предел, т.е. скорость света ***c***.

Таким образом, скорость движения фотонов и скорость распространения электронной волны сжатия могут иметь общий корень – отталкивающее ускорение g_e при радиусе электрона R_e в их обычных механических соотношениях $c = \sqrt{2g_e R_e}$.

Движущиеся электроны отталкивают не только своих соседей в проводнике. Они заставляют векторно двигаться и электроны, находящиеся вокруг проводника. Там образуются вихревые потоки электронов, стремящихся увернуться от бушующей стихии элект-

рического тока. Преобладающее направление вихревого смещения электронов вне проводника – перпендикуляр к направлению тока:



Поэтому наводимая этими электронами магнитная индукция перпендикулярна течению тока, на чем основано действие электрических моторов, вибраторов, трансформаторов и проч.

Ускоренное движение магнита, наводящего электронную индукцию вне проводника, наоборот, вызывает направленное движение электронов в проводнике (т.е. ток). Электрические и магнитные движения взаимообратимы, ибо в их основе лежит одна и та же причина – векторные токи электронов.

Очень хорошо понимается зависимость к.п.д. электроустановок и их мощность (***N***) от квадрата напряжения ***(U).*** Вспомним, что $N = UI$, но I само по себе равно U/R, следовательно, формулу можно переписать так: $N=U^2/R$. Эта квадратичная зависимость мощности от разности потенциалов мало поясняется в электродинамике. Если же воспользоваться модернизированной формулой Ома, многое упрощается. Итак,$U \sim V$; $I = VELq$; $N = V^2ELq$. Сравним с уравнением интенсивности сопротивления среды: $I = v^2k\sigma L$ – аналогия налицо. Необходимость квадрата скорости V электронов теперь очевидна, ибо VEL дает лишь количество электронов в единицу времени через сечение проводника. Взятое второй раз V покажет количество движения, которое несет поток электронов: чем больше скорость, тем больше и количество электронов, и их суммарный импульс.

Интенсивность сопротивления среды выражается в ньютонах. Электрическую мощность выражают в ваттах (**Дж/*с***). Налицо противоречие, ибо размерность ньютона включает прямое выражение скорости, в то время как размерность ватта – квадратичное

($1Н = 1(кг·м)/с^2$; $1Вт = 1\ кг·м^2/с^3$).

Совпадение строения омовых формул с непротиворечивыми механическими дает основание считать, что единицы электрических процессов (электрический ватт, киловатт-час, электрический джоуль) – пропорциональные природным явлениям «правильные» вели-

чины. (Как мы уже показывали, механический джоуль, ватт, киловатт-час, килограмм-метр такими качествами не обладают.)

Таким образом, мы видели много физических процессов, в которых некорректность понятия и исчисления «энергии» замаскирована действием этой надуманной величины в правильном по отношению к импульсу масштабе. В таких случаях и подсчет мощности электрооборудования не противоречит расчетам интенсивности передачи движения (ньютоновой силе). Среди других подобных эффектов – равномерное движение при преодолении трения, сопротивления среды. Это электрические и электромагнитные процессы в квантовой физике. Это и многие формулы, соотношения физических величин, в состав которых входит по алгебраическим причинам квадрат скорости. Знаменательно, в частности, то, что при абсолютно упругих столкновениях тел выполняются одновременно, несмотря на линейные и квадратичные отношения, два равенства, известные как законы сохранения импульса и энергии. Причем соответствие действует в любой системе координат, и это обстоятельство лишний раз упрочивает веру в справедливость понятия энергии.

Действительно, легко показать, что $\boldsymbol{mv + MV = mv_1 + MV_1}$, так как $v_1 = \frac{M(2V - v) + mv}{m + M}$ и $V_1 = \frac{m(2v - V) + MV}{m + M}$, где $m\frac{M(2V - v) + mv}{m + M} + M\frac{m(2v - V) + MV}{m + M}$ на самом деле равно исходной сумме **mv + MV.** Однако, математически верна и квадратичная форма соотношений $\frac{mv^2}{2} + \frac{MV^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{MV_1^2}{2}$, где

$$m\left[\frac{M(2V - v) + mv}{m + M}\right]^2 : 2 + M\left[\frac{m(2v - V) + MV}{m + M}\right]^2 : 2$$

также дают исходную сумму. Любители алгебры легко могут проверить это равенство. Суть нормального физического мировоззрения между тем заключается не в актах математических операций с любыми величинами (их можно придумать бесконечное множество), но в их рациональной потребности для описания картины мира. Чем раньше физика преодолеет гипноз абстрактной алгебры, тем четче начнёт она решать свои собственные задачи, не в последней степени среди которых окажется адекватное научное воспитание масс.

Отстаиваемая нами импульсная механическая теория охватыва-

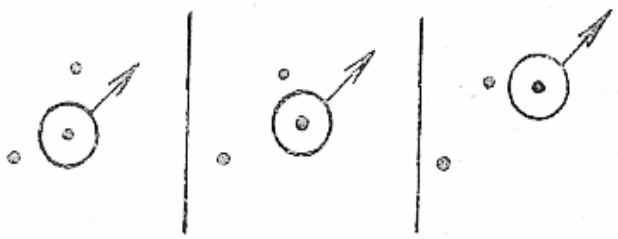
ет единую механическую картину мироздания, которая пронизывает как вселенские просторы, так и лабиринты микромира.

ПЕРЕВЁРНУТОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ МИРА

Еще раз поставим вопрос: насколько адекватно воспринимает человек пространственные и временные параметры? Известно, что мы видим мир, строго говоря, перевернутым, ибо глазной хрусталик переворачивает изображение на сетчатке вверх ногами. Только мозг в результате адаптации исправляет положение.

Не покажется ли кому-нибудь странным, что в таких важнейших физических параметрах, как скорость и гравитационное ускорение, величины времени (**v = *S/t***) и расстояния $\left(g = \gamma \frac{M}{R^2} \right)$ задаются обратной пропорцией? Ранее нам удалось частично «выпрямить» формулу «силы» тока **I = U/R** , которую можно переписать как ***I = VqEL***. Но может быть, аналогичная операция, упрощающая физическое мировосприятие (а попросту способная вернуть ему «естественное изображение»), осуществима и в случаях скорости и ускорения?

Собственно говоря, что такое большой или малый интервал времени? В квантовой модели мироздания время не обязано быть непрерывным и равномерным. То, что мы ощущаем как течение времени, вполне может быть пакетом временных квантов. Если объект движется относительно каких-то других тел, значит, в каждом временном кванте совершается смещение частиц материи относительно друг друга. Тогда можно записать формулу для пройденного расстояния: ***S = NΔS*** , где **S** – путь движения; **N** – число временных квантов; **Δ*S*** – изменение положения пробного тела по отношению к другим объектам, имеющее направление в безразмерном (бесконечномерном) пространстве. Определим теперь такое понятие, как скорость. В простейшем случае скорость будет пропорциональна **Δ*S*** и направлена по ходу наблюдающихся изменений:



Но это лишь при уверенности, что квант времени идентичен для всей Вселенной. Однако в микромире частицы имеют и свой

собственный несинхронный ритм смены кадров. Приборы воспринимают это как частоту колебательных процессов ($\boldsymbol{\nu}$) .Чтобы сравнивать разные частоты колебательных процессов, нужно выбрать некий эталон частоты. Скажем, на один квант характерной частоты $\boldsymbol{\nu_0}$ приходится 3 кванта осцилляции какого-либо электрона ($\boldsymbol{\nu_1}$). Следовательно, частота $\boldsymbol{\nu_1 = 3\nu_0}$. Выбор эталонной частоты конвенциален. В настоящий момент удобнее выбрать частоту, соизмеримую с каким-либо регулярным астрономическим явлением, например, солнечными сутками. **1/86 400** часть суток – удобная для человека частота, называемая 1 герцом. Временную длительность, обратную **1** ***Гц,*** мы ощущаем и описываем как **1** ***с.*** Частота **10** ***Гц*** ощущается нами как **1/10** ***с*** и т.д. Мозг уже привык именно к такому перевернутому отображению времени: большие частоты воспринимаются как меньшие временные интервалы.

Переход к обращенной интерпретации времени сулит серьезное изменение физического мировоззрения. Например, перестает быть актуальной проблема непрерывности времени и пространства. Если время квантовано, то интервалы между квантами не будут иметь физического смысла. Так же снимается вопрос о непрерывности пространства, ибо отрезки пространства становятся дискретными.

В этой системе интересно трактуется понятие скорости движения. Она будет прямо пропорциональна зависеть от частоты квантов ($\boldsymbol{\nu}$) и величины относительного смещения интересующих нас объектов при сличении соседних квантовых картин ($\boldsymbol{\Delta S_0}$): $\boldsymbol{\nu = \nu\Delta S_0}$. Мерой скорости станет ***Гц·м*** **.** Прямые пропорции в этой формуле, если к ним привыкнуть, покажутся более естественными для понимания и выведения важнейшей механической величины – скорости. **1** ***Гц·м*** **= 1** ***м/с*** **,** но любую другую величину скорости в ***Гц·м*** **(**$\boldsymbol{\nu_V}$ **)** можно получить по формуле $\boldsymbol{\nu_V = 1/\nu}$ **(** ***м/с*** **) .**

Пространственные характеристики также могут быть воспринимаемы в «инверсионном отображении». Так, в обычной формуле гравитационного ускорения $\boldsymbol{g}$ в точке $\boldsymbol{R}$ от центра массы М: $g = \gamma\frac{M}{R^2}$ ускорение тем больше, чем меньше (в квадрате) расстояние до тела. Мы уже говорили, что расстояние вполне может быть особо отображаемой мозгом величиной гравитационной напряженности той или иной гравилинии. Причем большее расстояние отображает меньшую напряженность. Тогда формула примет прямой вид: $\boldsymbol{g = \gamma M Я^2}$, где **Я** – величина расстояния, обратная **R; Я = 1/R**. Остается установить единицу этого обращенного расстояния: скажем,

1/м назовем **1 *нэл***. Тогда ***1м*** **~ 1 *нэл*** : **0,5 ~ 2 *нэл*** и т.д. Пространство в обращенном виде удобнее называть каким-либо словом, например, «спейс».

Восприятие пространства и времени, будь оно прямое или перевернутое, дело привычки и традиции. Но в физике могут быть удобны и те, и другие представления. Например, интервалы времени от столетий до долей секунды проще измерять привычным нам обращенным способом, а время в микропроцессах легче осваивать в частотных характеристиках. Так же и пространство от галактического до миллиметрового удобно исчислять обращенно (в метрах), в то время как пространство атомно-молекулярное хорошо описывается в спейсовых величинах.

При обратном исчислении времени и пространства легче воспринимается такая константа, как скорость света. Известно, что произведение квантовой частоты (**ν**) на длину волны (**λ**) дает величину скорости света: **νλ = *c* *(Гц·м)***. Если теперь перевести пространственную компоненту в соответствующую ей спейсовую (Θ) , то константа пропорциональности выразится числом с:

$$\nu / \Theta = const = 299\,792\,458 \text{ Гц/нэл}$$

Но справедливо и обратное отношение

$$\Theta / \nu = const = 3{,}3356 \cdot 10^{-9} \text{ нэл/Гц .}$$

Следовательно, скорость света ***c*** не есть какая-то магическая, заколдованная величина. Это константный коэффициент пропорциональности, устанавливающий, что **1 *Гц*** частоты соответствует $\mathbf{3{,}33 \cdot 10^{-9}}$ ***нэл*** спейсовой длины (**300 000 *км*)**. Меры **ν** и **Θ** можно было бы подобрать с таким расчетом, что **ν/Θ** и **Θ/ν** выражались бы единицей. Правда, это потребовало бы серьезной корректировки всех остальных мер системы СИ. Выигрыш, однако, в том, что спейсовая величина пространства и частота квантовых процессов были бы одной и той же величиной. Один такой «нэл» всегда соответствовал бы одному подобному «герцу».

Мы уже говорили, что обратные величины времени и пространства делают более наглядным исчисление скорости и ускорения. Так, скорость может быть выражена как $v = \nu \Delta S_0$, где ΔS_0 – приращение расстояния в двух соседних квантах в направлении относительного движения; **ν** – частота квантов относительно секунды. В спейсовых величинах скорость $\mathcal{N} = \frac{\Delta \mathcal{T}_0}{\nu}$, где $\Delta \mathcal{T}_0 = 1/\Delta S_0$ и размерность $\mathcal{N}$ – нэл/Гц. В то же время ΔS_0 и $\Delta \mathcal{T}_0$ сами точно выражают скорость изменений (скорость движения), если допустить, что существует некая общая квантовая частота (ν_0) кратная всем другим.

(Возможно, что частоты конкретных квантовых процессов могут составить гармонический ряд к этой основной частоте.) В данном случае размерность скорости будет линейно зависеть только от длины пространственного спейсового интервала. Красиво выражается пройденный путь (S или 2) через количество временных квантов: $S = N\Delta S_0$; $2 = N/\Delta S_0$. В этих формулах нет превращения мер, ибо есть только одна метрическая величина – пространственная (спейсовая).

Так же линейно отразится и ускорение, суть которого высвечивается величиной $\boldsymbol{a \sim \Delta S_1 - \Delta S_0}$, где $\boldsymbol{\Delta S_1}$ **и** $\boldsymbol{\Delta S_0}$ – изменения расстояний в двух соседних квантах. Путь при равноускоренном движении будет $S = \frac{(N^2 + N)(\Delta S_1 - \Delta S_o)}{2}$. Более детальная формула пути: $S = N\Delta S_0 + \frac{N^2(\Delta S_1 - \Delta S_0)}{2}$. Видно, что общая величина пути складывается из приращений пути, идущих во временных квантах (количество квантов N – величина безразмерная). Знание времени, скорости и ускорения в привычных мерах излишне. Строго линейные, аддитивные параметры пространства хорошо показывают сохранение векторности у величин скорости, ускорения, пути.

Квадратичная размерность ускорения ($\boldsymbol{м/с^2}$) уже не тревожит ум своей дифференциальной природой, ибо в новой системе это чисто линейная пространственная величина $\boldsymbol{\Delta S_1 - \Delta S_0}$, участвующая в простом сложении участков пути. Квадратичность безразмерной величины *N* в формуле $S = \frac{(N^2 + N)(\Delta S_1 - \Delta S_0)}{2}$ не имеет дифференциального характера, ибо исходит из простого арифметического соотношения: сумма всех чисел от 1 до N определяется формулой $\sum_{N}^{1} = \frac{N^2 + N}{2}$, что следует из очевидного рассуждения: в такой сумме **N/2** пар чисел, каждое величиной **N + 1 (1 + 10 = 2 + 9 = 3 + 8** и т.д.) , откуда $\sum_{N}^{1} = (N + 1)\frac{N}{2} = \frac{N^2 + N}{2}$. При большом количестве **N** это слагаемое в линейной форме перестает оказывать существенное влияние на квадратичное значение N^2 . Этим же путем формируются интегралы.

ЕЩЕ О ПОСТОЯНСТВЕ СКОРОСТИ СВЕТА

Обычно величина $\Delta S_1 - \Delta S_0$ неизмеримо меньше ΔS_0. Бывают ли случаи, когда $\Delta S_1 - \Delta S_0$ станет равной ΔS_0? Эту гипотетическую ситуацию можно было бы прогнозировать для одной из «выделенных» природой скоростей – скорости света c. Однако это значит, что за один единственный временной квант фотон достигает скорости света и далее скорость уже не растет, ибо по неизвестной пока причине интервалы ΔS_0 и $\Delta S_1 - \Delta S_0$ не могут превысить некоторую пороговую величину. Если такая ситуация возможна, то открывается перспектива примерно оценить наивысшую частоту временных квантов Вселенной (ν_0) .

Мы помним: фотон ускоряется отталкивающим действием электрона, что происходит как бы с «поверхности» электрона, на которой ускорение $g_{эл}$ достигает максимума, равного $1{,}594 \cdot 10^{31}$ *м/с*^{2} . При этом $\Delta S_0 = c^2/2\, g_{эл} = 2{,}82 \cdot 10^{-15}$ *м* (что равно радиусу электрона). Видимо, это и есть самая большая, достижимая в нашем мире величина скорости и ускорения, осуществимая за 1 временной квант. Совпадение этого интервала с радиусом электрона само по себе знаменательно. Квантовая величина скорости света,

$$\Delta S_0 = 2{,}82 \cdot 10^{-15}\ м,$$

выражаемая в привычном виде как $c = 3 \cdot 10^8$ *м/с* , соответствует квантовой частоте $\nu_0 = c/\Delta S_0 = 1{,}06309 \cdot 10^{23}$ *Гц* , что, возможно, и является наивысшей частотой квантования времени во Вселенной. Дальнейшие исследования уточнят эту астрономическую цифру.

Таким образом, буквально в первом же временном кванте фотон достигает скорости с и далее держит ее очень точно. Если полагать, что по каким-то причинам ΔS_0 и $\Delta S_1 - \Delta S_0$ не могут превысить $2{,}82 \cdot 10^{-15}$ *м,* то само собой выходит, что скорость света не может выйти за пределы **300 000** *км/с.* После первого же кванта фотон уже не повышает свою скорость, хотя электрическое отталкивание еще действует. Этим же можно объяснить и то, что при отражении от движущегося с любой скоростью электрона (навстречу или против) за 1 – 2 кванта скорость его восстанавливается до c относительно этого электрона. Следовательно, при любых стендовых измерениях скорость c будет оставаться строго неизменной относительно стенда.

Постулировать особый статус значения $\Delta S_0 = 2{,}82 \cdot 10^{-15}$ *м,* все-таки менее накладно для природных процессов, нежели навязывать

им сложные изменения всех физических величин в зависимости от относительной скорости. Тем более что в природе абсолютное большинство движений инерционно, а значит, все движущиеся относительно друг друга тела и частицы могут рассматриваться как неподвижные в своей собственной системе координат (это утверждение будет верным при условии инерционной трактовки электрических, магнитных и прочих взаимодействий, наподобие того, что мы показали для гравитационных траекторий тел).

Постулировав, что существует гипотетическая общевселенская частота $\nu_0 = 1{\cdot}06{\cdot}10^{23}$ *Гц*, мы можем рассчитать квантовые величины скорости и ускорения. Так, скорость $v = 1$ *м/с* будет равна квантовой скорости $v_q = \Delta S_0 = v/\nu_0 = 9{,}407{\cdot}10^{-24}$ *м* ; ускорение $a = 1$*м/с*^{2} выразится числом

$$a_q = \Delta S_1 - \Delta S_0 = a/\nu_0^2 = 8{,}848 \cdot 10^{-47} \text{ м}.$$

Отсюда вытекают переводные коэффициенты, с помощью которых скорость и ускорение в обычном исчислении можно легко преобразить в квантовые единицы: $\nu_q = \nu\Omega$ $a_q = a\psi$, где $\Omega = 9{,}407{\cdot}10^{-24}$ *с* ; $\psi = 8{,}848 \cdot 10^{-47}$ *с*^{2}.

Рассмотрим для примера случай, когда какой-либо объект движется от состояния покоя с ускорением $a = 1$ *м/с*^{2} в течение 10 с. Его путь составляет в обычном исчислении $S = at^2/2 = 50$ *м*. В квантовых единицах $t = 10c \approx N = 1{,}063{\cdot}10^{24}$ квантов и $a_q = \Delta S_1 - \Delta S_0 = 8{,}848 \cdot 10^{-47}$ *м*.

Формула $S = \frac{N^2(\Delta S_1 - \Delta S_0)}{2}$ даст те же 50 *м*. Однако теперь видно, что только $N(\Delta S_1 - \Delta S_0) = 10^{-22}$ *м* из этих **50** *м* будут порождены собственно ускоряющим процессом. Остальные **49,99** (с **22** девятками после запятой) метров тело двигалось в инерционном режиме, не требующем притока внешней «силы».

Квантовое выражение получает единица количества движения:

1 *дэв* = *1кг* $\cdot$ $9{,}407{\cdot}10^{-24}$ *м* = $9{,}407{\cdot}10^{-24}$ *кг·м* . Тогда $p_q = p\Omega$.

Так же и единица интенсивности передачи движения

1 *дэв/с* = **1Н** = **1***кг* $\cdot 8{,}848 \cdot 10^{-47}$ *м* = $8{,}848 \cdot 10^{-47}$ *кг·м*.

Тогда $I_q = I\psi$.

Обратим внимание на то, что в квантовом выражении размерность импульса и интенсивности передачи движения совпадает с размерностью импульсной постоянной Планка ($p = 2{,}208{\cdot}10^{-42}$ *кг·м*), что унифицирует систему единиц, придает

ей стройность, а само квантовое измерение делает совершенно естественным. Посмотрим пристальнее на значение импульса $p_q = 2{,}208 \cdot 10^{-42}$ *кг·м*. Чему в мире он соответствует? Таким количеством движения будет обладать некая гипотетическая масса $m = 7{,}83 \cdot 10^{-28}$ *кг*, движущаяся со скоростью света ($p_q = mc\Omega$) .Эта масса примерно вдвое меньше массы протона и ровно в 3 раза меньше массы кси-гиперона. Не есть ли это след разыскиваемых кварков?

Если частота $\nu_0 = 1{,}06 \cdot 10^{-23}$ *Гц* действительно максимальна в нашем мире, то существует и некий максимальный импульс излучения $p_{max} = p_{\nu 0} = 2{,}34 \cdot 10^{-19}$ *дэв* . Его квантовое выражение $p_q = p_{max}\Omega =$ $= 2{,}208 \cdot 10^{-42}$ *кг·м*. Последняя цифра есть не что иное, как та же импульсная постоянная Планка, которая одновременно является квантовым выражением максимально возможного импульса излучения в нашей Вселенной. В этом случае любой другой импульс будет выражаться формулой $p_q = p_{max} \cdot \nu/\nu_0$, где ν/ν_0 – отношение собственной частоты фотона и квантовой частоты мироздания ($p_{max} = p = 2{,}208 \cdot 10^{-42}$ *кг·м*).

Интересно сопоставить квантовые отношения для скорости и ускорения космических тел. Земля по орбите Солнца двигается со скоростью $v = 29{,}5$ *км/с*, одновременно «падая» на светило с ускорением $a = 0{,}0059$ *м/с*^{2} . Это означает ежеквантовый сдвиг по орбите на $\Delta S_0 = \nu/\nu_0 = 2{,}77 \cdot 10^{-19}$ *м* и сдвиг падения

$$\Delta S_1 - \Delta S_0 = a/\nu_0^2 = 5{,}22 \cdot 10^{-49} \text{ м},$$

т.е. в $5{,}3 \cdot 10^{29}$ раза меньше. Эта ничтожная добавка и превращает путь Земли из прямолинейного в эллиптический. Ускоряющая добавка $5{,}22 \cdot 10^{-49}$ неизмеримо меньше гипотетического радиуса электрона. Этот интервал вполне может характеризовать эффект сокращения пространства вблизи гравитационных тел.

Показательно, что ничтожные по нашим меркам величины ΔS_0 и $\Delta S_1 - \Delta S_0$ все-таки будут несоизмеримо гигантскими в сравнении с дифференциальными составляющими dS в мире непрерывного течения времени. Действительно, dS_0 и $dS_1 - dS_0$ в пределе стремятся к нулю, причем $dS_1 - dS_0$ стремится к нулю с квадратичной скоростью. В этой системе, следовательно, путь любого ускоряемого под действием силы тела будет не только целиком инерционным, но и стремящимся к кулю, хотя, как и Ахилл, мы знаем, что он составляет вполне определенную физическую величину. Так квантовая

модель дает гораздо более наглядное представление о смысле равномерного или ускоренного движения, скорости, ускорения.

Аналогично этому, предположение об особой роли в микромире радиуса электрона снимает неприятнейшую ситуацию с сингулярностями, которую до сих пор еще не преодолела полевая теория электромагнетизма. Согласно этой теории, напряженность электрического или магнитного поля достигает в центре поля бесконечной величины. Опираясь на представления о «поверхности» электрона, констатируем, что имеется максимальное значение $\mathbf{G_{max}}$, равное $\mathbf{1{,}594 \cdot 10^{31}}$ $\boldsymbol{м/с^2}$. Это так же, как всегда есть максимальное, но вполне конкретное значение ускорения свободного падения, наблюдаемое на поверхности космических тел. При удалении в космос и при движении внутрь электрона **G** падает (в первом случае с квадратичной зависимостью, во втором – с линейной).

Наконец, в квантовременной модели, где частотные характеристики любых физических процессов кратны мировой частоте $\mathbf{v_O}$, становится понятной загадка многих кратных отношений космических циклов: совпадение периодов вращения Луны вокруг своей оси и вокруг Земли, то же у Меркурия вокруг Солнца, кратные периоды взаимного движения Земли, Венеры, Марса, Меркурия и других планет вокруг Солнца.

– А как же может быть иначе? – воскликнул бы ученый, исповедующий концепцию гармонии мироздания. Гармония и есть воплощение стабильности, симметричности, многократной повторяемости вселенских процессов!

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие..... ,……..,, ... 3
Размышляя о тайнах движения..... 6
Что такое механическое движение? .....,..... 11
Механическое движение и его передача ..... .,.;,…… 12
Столкновения.....,.....,.....,..... 13
Свойства реактивной передачи движения.....,.....,…….. 28
Передача движения давлением 31
Передача движения рычагом..... 34
Передача движения вращающимся колесом 37
Измерение параметров передачи движения.....,,.....,..... 39
Физические признаки передачи движения .....,..... 46
Загадка пружины 51
Гравитация и механическое движение.....,..... 56
Механическая энергия – фикция? .....,...;..... 61
Еще о пружине 71
Гравитация и вес .....,...,.,…… 82
О мышечной передаче движения, ...,..... 87
Еще о рычаге …….... 89
К теории движения маятника..... ..… 91
Еще о кинетической и потенциальной энергиях 94
Существует ли гравитационное поле 102
Электричество и электромагнитное излучение 105
Парадокс скорости света..... 107
Каков мир вне взора человека? .....,…… 109
Лупа времени..... 116
Квантованное время..... 122
Пространственные постоянные 131
О некоторых мировых константах.....,.....,.....,..... 136
Перевернутое изображение мира 150
Еще о постоянстве скорости света 154

Научно-популярное издание

Девуцкий Владислав Эдуардович
К ТАЙНАМ ДВИЖЕНИЯ

Редактор З. С. Фоменко
Художественный редактор Л. А. К л о ч к о в
Обложка О. Д. М и л ь м а н а
Иллюстрации выполнены М. И, С е]р г е е в о й
Электронная верстка С. Н. К у з н е ц о в о й

ИБ № 2216
Подп. в печ. 14.10.93. Форм. бум. 60x84/16. Бумага офсетная.
Офсетная печать. Усл. п.л. 9,3. Уч.-изд.л. 9,8.
Тираж 2000.3аказ 4759.

Издательство Воронежского университета
394000. Воронеж, ул. Ф.Энгельса,8
Издательско-полиграфическая фирма "Воронеж"
394000 Воронеж, пр. Революции, 39

Из трех исторических определений силы как источника и меры движения - Декарта, Ньютона, Лейбница - двум последним было отдано заметное предпочтение в классической механике.

Но стремительно меняющиеся взгляды на сущность пространства и времени делают предельно актуальной декартову модель движения - простую и естественную.

Реконструкция картезианской концепции в условиях знаний XX века, предпринятая в этой книге, дает заметное превосходство описании законов мироздания, понуждает к новым смелым идеям.

Она же сулит неминуемый переворот физических представлений, сравнимый с революциями Ньютона и Эйнштейна.