О. А. Черепанов

ЗНАНИЕ О СИЛЕ

Недоизученные явления элементарной физики

Издательство
«М.: Нефтегазовое дело»
УФА, 2006

УДК 531.1
Черепанов О. А.

Знание о силе. Недоизученные явления элементарной физики. Уфа: Издательство «М.: Нефтегазовое дело», 2006. – 60 с.: илл. – 18.

ISBN 5-98755-017-3

Брошюра включает две статьи на одну тему, опубликованные в различных изданиях в разное время.

Первая статья посвящена мотивам, которыми Г. Герц обосновал свою попытку создать механику без сил и энергий. Выделен критический аспект неудавшейся попытки, но подчеркнуто сходство принципов механики Герца с положениями теории относительности.

Во второй статье обнажены антропоморфные (нейрофизиологические и лингвистические) истоки понятия гравитационной силы. На примере машины Атвуда показано, что данная сила не может быть ускоряющей. Приведен расчет упругого удара, не требующий понятий импульса и энергии. Классический закон инерции формализован численно на основе метрологического постулата о “третьем лишнем”. Обнаружен формальный парадокс, отрицающий эквивалентность теплоты и работы. Траектория тела, падающего по параболе, смоделирована без геометрии и хронометрии. Модификацией третьего закона Кеплера определено понятие квадроскорости.

Описание давно известных физических эффектов методом особых чисел говорит о том, что основные понятия классической механики – пространство, время, сила, импульс и энергия – являются математическими артефактами, то есть продуктами человеческого воображения.

Для специалистов по количественному моделированию физико-механических процессов.

ISBN 5-98755-017-3

<u>Отзывы и замечания:</u> 125190, Москва, а/я 87. E-mail: *ol_al@ru.ru.*

ЗНАНИЕ О СИЛЕ*

Генрих Герц и его «Принципы механики…»

С изложения механики, за успехи названной классической, начинается любой курс физики – и школьный, и вузовский. В этом смысле она – основа физики. Собственное основание динамики – три закона Ньютона. В будущем году им будет три века. К сожалению, глубокий тыл науки, сумевшей одолеть многие и многие задачи, в том числе связанные с полетами в космос, слабо обеспечен. И в этом смысле до сего времени он является ее передним краем. В самом деле, в физическом содержании трехсотлетнего учения о силах и движениях, заложившего вычислительные основы сопротивления материалов, теории механизмов, деталей машин и других инженерных дисциплин, немало смутных мест. Ведь даже свое знаменитое «Гипотез не измышляю» Ньютон произнес как раз в связи с тем, что природа открытой им ускоряющей силы тяготения ему самому была не ясна. Потому-то и ведутся споры вокруг оснований механики, что они не удовлетворяют нашего естественного стремления к полному знанию об окружающем мире. Все-таки чувствуется в аксиоматике учения о движущих силах некая ограниченность, вызывающая желание ее преодолеть. Отсюда и ведет свое происхождение долгая дискуссия о физических основах динамики, составляющих самую большую ее проблему. «Вряд ли в какой-либо другой науке можно встретить столь противоположные высказывания,– как в точной механике»,– писал академик Б. Н. Юрьев.

Ученые, занимающиеся механикой, не спорят о том, как решать ту или иную задачу. Аппарат науки в достаточной степени развит и в высшей мере математизирован. Нет вопроса «как вычислять?» Есть проблема: «Как трактовать учение о движущих силах и особенно ту его часть, которая касается пресловутой инерции?»

1, 2 и 3 октября прошлого года в Москве, в институте проблем механики АН СССР, проходило всесоюзное совещание «Основы классической механики и их роль в преподавании механики», созванное по инициативе Национального комитета СССР по теоретической и прикладной механике и Методического совета Минвуза СССР по теоретической механике. Это было представительное собрание преподавателей высшей школы, заботящихся о совершенствовании методики изложения теоретической механики будущим ученым и инженерам. В то же время на него съехались ученые, активно работающие в этой области знаний. Поэтому совещание не могло пройти без обсуждения связанных с механикой мировоззренческих проблем. Обсуждение показало, что проблема оснований механики Ньютона существует. И вряд ли можно ожидать, что она будет решена в рамках самой классической динамики. Естественно, растет интерес к физическим основам механики,– видимо, пропорционально возрастающей численности выпускников вузов страны.

* Впервые статья опубликована в //Знание-сила. – 1986. – № 12. – С. 18-21.

Проблему физических основ механики нельзя сдавать в архив науки. На рубеже прошлого и нынешнего веков новые экспериментальные факты заставили ученых пристально вглядеться в логику классической системы и разглядеть ее неполноту. Не замедлили последовать конструктивные предложения. Одну из попыток пересмотра принципов механики предпринял Генрих Герц. Его теория не получила признания, тем не менее ей следует отдать должное. Подчеркивая недостатки динамической модели природных взаимодействий и движений материальных тел, она обозначила схему поиска новых идей и в этом смысле высветила путь от механики Ньютона к теории Эйнштейна.

> Разделение энергии на две существенно различные части – кинетическую и потенциальную энергию – должно восприниматься как нечто неестественное… Герц счел это таким неудобством, что в своей последней работе даже пытался освободить механику от понятия потенциальной энергии (то есть силы).
>
> *Альберт Эйнштейн*

> Конечная цель, которую всегда нужно иметь в виду, состоит в том, чтобы достичь правильной точки зрения на основания… Но чтобы добиться какого-нибудь прогресса в науках, безусловно, необходимо заниматься отдельными проблемами.
>
> *Карл Вейерштрасс*

И над зачумленным Лондоном и над садом в маленькой деревушке мутно белела дневная Луна. В саду было тихо. Или яблоко уже созрело, или его связь с древом подточил червь – оно упало на землю, легко бежавшую своим чередом в пустоте вокруг Солнца…

Сначала происходит событие, а потом рождается легенда. Событием стало появление закона тяготения, общего для тел земных и небесных. Падение яблока вошло в легенду.

Веселый маляр никак не мог удержаться от смеха: «Тяготение… Да нет никакого тяготения! Когда я оступился и упал с верхней ступеньки лестницы, ведро с краской в моей руке вдруг сделалось невесомым. Мы с ним просто плавали в невесомости. Но зато потом, когда приземлились…» И он снова засмеялся. Слушавший его Эйнштейн улыбался и думал: «Неужели в падении вес Ньютонова яблока равен нулю?»

Тридцати семи лет от роду, в зените научной славы, умирал Генрих Герц. Силы были на исходе. Костный туберкулез точил организм медленно и нещадно. Но он писал свою последнюю книгу. Однако дискуссии вокруг нее не состоялись – книгу издали уже после кончины автора, возможные оппоненты отозвались почтительными некрологами.

Свою статью, посвященную посмертному труду Герца, Анри Пуанкаре озаглавил «Идеи Герца в механике». Она заканчивалась словами: «Что же в конце концов следует думать о теории Герца? Несомненно интересная, она все же не удовлетворяет меня полностью потому, что оставляет слишком большое место гипотезе. Однако его способ изложения полезен уже тем, что он заставляет нас думать, освобождаться от старых представлений. Мы еще не можем видеть все сооружение целиком: имеет значение уже то, что на это сооружение смотрят с новой точки зрения».

Во времена Герца и Пуанкаре наука о движении материальных тел – механика, основы которой заложили Галилей и Ньютон,– не была цельным сооружением. В ней сосуществовали две теории, основанные на разных, но не взаимоисключающих аксиомах,– силовая (Ньютонова) и энергетическая (Гамильтонова). Механика Герца, по мысли автора, способна была включить в себя обеих своих признанных предшественниц. В чем же состоял смысл предложенной Герцем конструкции?

«Материальная точка, кажущаяся нам свободной, не описывает тем не менее прямолинейной траектории. Прежние механики говорят, что точка отклоняется от прямой потому, что она подчиняется какой-то силе; Герц говорит, что она отклоняется потому, что не свободна, но связана с другими невидимыми точками»,– пишет Пуанкаре в послесловии к труду Герца. Итак, Герц строит свою механику на гипотезе об эфире…

Невидимые эфирные сущности или скрытые массы – способны ли они конкурировать с как будто бы ясными основными понятиями силовой и энергетической теорий – движущей силой и энергией? Надо ли кроме видимых тел вводить еще и незримые, гипотетические?

«…Но,– отвечает Герц,– обе старые теории также вынуждены предполагать кроме видимых тел какие-то невидимые сущности; классическая теория вводит силы, энергетическая – энергию; но эти невидимые сущности, сила и энергия, имеют неизвестную таинственную природу; гипотетические сущности, которые предлагаю я, имеют, наоборот, совершенно такую же природу, как и видимые тела. Не проще ли это и естественнее?»

И в самом деле…

«По этому поводу можно спорить и утверждать, что сущности старинных теорий должны быть сохранены как раз по причине их таинственной природы. Уважать эту таинственность – значит признавать свое невежество, и поскольку наше невежество несомненно, не следует ли лучше признать его, чем скрыть?»

Постойте… О каком таком «нашем невежестве» говорит Герц, аргументируя свою эфирную гипотезу? Силовая и энергетическая механики дали методы решения многих и многих задач, связанных с самыми разнообразными движениями. А Герц отказывается понимать, что такое сила и что такое энергия… Не результат ли это прогрессировавшей болезни?

Нет! Герц мыслил ясно, четко и логично.

Тот, кто пытается создать нечто новое, невольно конструирует «отрицание отрицания». Поэтому критика старых идей должна занимать его внимание не меньше, чем свежие факты, не укладывающиеся в их «прокрустово ложе». Меткие замечания Герца о неполноте Ньютоновой и Гамильтоновой систем и сейчас достойны самого пристального внимания. Неудивительно, что молодой Эйнштейн тщательно вникал в его работы. Можно отметить, если не преемственность, то, во всяком случае, сходство идей механики Герца и теории относительности.

Любому человеку, еще в детстве впитавшему классическое представление о силе как причине ускоренного движения, будет удивительно узнать, как Герц определял ее. Он считал силу всего лишь «математической вспомогательной конструкцией» и отказывал ей в праве быть причиной изменений в движении любого объекта, имеющего массу. И в самом деле, представление о силе не равноценно ее пониманию. Вот что говорил по этому поводу известный советский ученый и педагог профессор А. П. Минаков, обучавший преподавателей методике:

«Статику надо начинать с аксиоматики, а перед нею дать определения. Самое трудное из них – понятие силы. Ведь нет такого определения силы, которое ни у кого не вызывало бы возражений… Исходя из того, что каждый имеет интуитивное представление о том, что такое сила, постарайтесь углубить это представление. Сначала делайте вид, что термин “сила” так же ясен, как слова “пространство” и “время”».

Студенты, изучающие механику, и не подозревают, какие трудности испытывает добросовестный преподаватель при подготовке лекций. И хотя приведенные замечания профессора Минакова относятся к статике, их можно распространить и на динамику, которая приписывает массе способность сопротивляться ускоряющему ее “силовому действию” инерционным противодействием. Эту сопротивляемость связывают с инертным свойством масс-содержащих объектов.

Вокруг сил инерции физики и механики давно ведут споры. Одни считают, что инерционные силы фиктивны и, значит, не имеют источника вовне ускоряющегося тела. Другие, подчеркивая способность этих сил разрушать наложенные на массу материальные связи, уравнивают их в правах с действительными силами, источник которых якобы можно указать. Сторонняя позиция Герца в этом споре выглядит прямо-таки примиряющей. Он подвергал сомнению не только активность так называемых действительных сил, но даже само их существование. По Герцу, знакомая всем сила тяжести – такая же фикция, как и сила инерции.

Наблюдая за падающим предметом, любой человек, воспринявший силовые представления о гравитации, воображает силу тяготения как некий механический привод, вовлекающий тело в ускоренное движение в сторону центра Земли. Однако при ближайшем рассмотрении видно, что несомненной реальностью является лишь взаимопритяжение масс, а не сила тяжести. Учитель Герца Гюстав Кирхгоф отмечал, что «после введения систем сил вместо простых сил, механика оказывается не в состоянии дать точное определение понятия силы».

И в самом деле, если к силовому взаимодействию между Землей и Луной, например, подходить со всей физической строгостью, то его нельзя рассматривать в смысле единственной силы, действующей на каждое из небесных тел со стороны другого. Все тела состоят из атомов, в ядрах которых сосредоточена основная доля их массы. Следовательно, притяжение двух тел друг к другу, формализуемое Ньютоновым законом всемирного тяготения, складывается из множества сил, влекущих атомы одного тела к атомам другого. Теперь нам известно, что атомы тоже состоят из образований, структура которых далеко не элементарна. Выходит, что источник силы тяжести ничем физически не обозначен. Значит, ее и «прицепить» не к чему! Выходит, она не может играть роли элементарного механизма гравитации… И тут нас выручает способность к абстрагированию. Абстрактным объектом для приложения силы стала, так сказать, бесконечно плотная материя в бесконечно малом объеме – материальная точка. Но тогда сама сила – не более чем абстракция. Может быть, гениальная. Как же нам ее определять?

«Чтобы определение могло быть полезным, оно должно научить измерять силу»,– замечает Пуанкаре в послесловии к книге Герца. И приводит такой пример.

Подвесим гирьку к концу пружинки. Удлинение, полученное последней, позволяет проградуировать шкалу динамометра в единицах силы. Заменим гирьку на другую, в два раза большую. Значит ли это, что мы обнаружили силу, в два раза больше первой? Совсем не значит! Просто мы сравнили между собой две массы, из которых одна в два раза больше другой. Сила присутствует в опыте неуловимо. (Присутствует ли?) Пощупать ее нельзя. Так что, выходит, масса, а не сила является мерой гравитационного взаимодействия тел?

Тут есть над чем задуматься…

Масса, покоящаяся на ладони, может быть теплой или холодной. Она может быть гладкой или шершавой. Но чем больше ее, тем она тяжелее. Выходит, вместе с массой «прирастает» и сила?

«Благодаря мускульному чувству по отношению к понятию “сила” мы находимся в весьма благоприятных условиях; это понятие настолько проникает в обыденную жизнь, что не требует установления, а лишь уточнения и измерения, чтобы стать предметом научного исследования».

Так считал А. Н. Крылов, замечательный ученый-механик, переведший на русский язык «Математические начала…» Ньютона и внесший большой вклад в практику отечественного кораблестроения. В чем-то он был, конечно, прав… Однако есть и другая точка зрения. Ее хорошо сформулировал Валле-Пуссен, тоже известный ученый:

«Понятие силы и измерение ее никоим образом не предполагают, что сила является реальностью сама по себе. Между тем большое число физиков склонны рассматривать силу как истинную реальность, существующую отлично от тел, которые являются ее источником или испытывают эффект ее действия. Они утверждают, что мускульное усилие, которое мы должны сделать, чтобы передвинуть тело, дает нам ясное представление о силе, рассматриваемой независимо от движения, которое она способна произвести. Мы, со своей стороны, вместе со многими другими видим в этом антропоморфизм, оказывающийся в конце концов лишь иллюзорным и к тому же бесполезным».

Конечно, антропоморфизма в науке должен опасаться всякий, кто стремится избегнуть субъективизма. Однако без субъекта-исследователя наука вообще невозможна. Понятно, что в простейших опытах без ощущений не обойтись, как в сложных не обойтись без знаний, интуиции и логики.

Резко отбрасывая от себя камень, мы ощущаем, как его масса сопротивляется сообщаемому ускорению, и первоначально воспринимаем инерцию как реакцию массы на прикладываемое силовое действие. А потом уже не сомневаемся, что свойство противиться ускоряющей силе камень сохраняет за собой и после того, как выскользнул из рук. Откуда такая уверенность? Ведь покинув ладони, «пробный камень» продолжает двигаться ускоренно – свободно падать. Сохраняющейся величиной в таком движении является ускорение. Сопротивляется ли камень при этом Ньютоновой силе тяготения? Зачем мы чисто интуитивно проецируем наши мышечные (антропоморфные) ощущения силы на падающий предмет и награждаем его двумя противостоящими свойствами – тяжестью и инертностью? Что за ограничения вводит классическая механика, считая инерциальными (бессиловыми) состояниями покой камня на ладони и его равномерное прямолинейное движение? Не следует ли переформулировать закон инерции Галилея – Ньютона?

И Герц в своей последней работе приводит новую формулировку этого закона, вписывающуюся в его концепцию бессилового движения тел в эфирной среде. По Герцу, свободное от действия сил тело выбирает не прямолинейный путь, а прямейший. По этому пути его направляют невидимые массы, скрытые в пространстве. Вслед за Герцем справедливость законов физики во всех произвольно перемещающихся системах отсчета провозгласила релятивистская механика. Однако выдвинутый ею принцип эквивалентности не избавил науку от силовых представлений, а лишь волевым приемом возвел в ранг закона подтверждаемое опытами совпадение инертной и гравитационной масс объекта механики.

Наличие у одного тела двух разных по природе масс, являющееся прямым следствием классического учения об инерции как о свойстве массы сопротивляться действующей силе, всегда вызывало недоумение у критически мысливших ученых. Поэтому вполне понятна предпринятая в рамках релятивистской теории попытка дополнить классическое представление об инерциальности, заменив его более широким понятием относительности. Это позволило дать равные права и преобразованиям Галилея, математически выражающим закон инерции классической механики, и преобразованиям Лоренца, справедливым в теории электромагнитных явлений. При этом первые предстали предельным случаем вторых.

Напомним, что в экспериментах инертная масса пробного тела определяется не непосредственно. Сначала находят кинематические характеристики его ускоренного движения и измеряют силу инерции. И лишь потом вычисляют значение инертной массы объекта. Сколь неопределенны остаются при этом отношения между «фиктивной» силой инерции и такой «действительной» силой, как сила тяжести, можно почувствовать на следующем примере. Назовем его парадоксом Ахиллеса, бегущего с копьем наперевес.

Встав под каменной аркой, Ахиллес может сломать копье, упирая его острие в свод. Считается, что активную роль здесь играет сила Ахиллеса. Вообще говоря, это не так: деревянное древко расщепляют сокращения волокон упругих мышц античного силача.

Можно сокрушить древко иным способом. Если установить копье вертикально и постепенно нагружать его верхний конец, то в конце концов древко треснет. Говорят, что копье сломал вес уложенного на наконечник груза, то есть сила. Но это упрощение. Межмолекулярные связи в материале древка разрушило взаимопритяжение двух масс – груза и Земли. Здесь оно играет первичную роль, а сила тяжести – вторичную, вычислительную.

Третий способ сломать копье сложнее. Если Ахиллес наденет на острие копья некоторый груз, затем наклонит древко под углом 45 градусов к горизонту и побежит, разгоняясь с ускорением свободного падения (легендарному герою это под силу), то усилие в древке закономерно возрастет, также как и нагрузка на мощные мышцы атлета. Значит ли это, что к силе веса прибавится сила, обусловленная инерцией груза? Ведь получается, что к тяжелой массе предмета «присоединилась» некая «инертная масса». При этом остается навеки неизвестным, откуда она прибыла.

Таков парадокс «мускульного» (антропоморфного) понимания инерции как стремления массы сохранить покой.

Но ведь и ощущение тяжести тоже антропоморфно… В конце концов есть целых четыре способа от него избавиться. Например, можно попробовать свободно падать вместе с лифтовой кабиной. Но это опасно. Гораздо легче освободиться от тяготения, отправившись в полет на специально оборудованном самолете-тренажере. В нем космонавты осваиваются с невесомостью, не покидая пределов земной атмосферы,– когда самолет выписывает в воздухе крутоизогнутый участок параболы, то есть перемещается по баллистической траектории, на некоторое время в нем наступает потеря веса. Ее принято объяснять инерцией. Такое же объяснение дается невесомости в орбитальной космической станции, куда космонавтов приводит их профессия. Объяснение вроде бы приемлемо – ведь гравитация Земли не «отключается», если даже предметы на орбите ничего не весят. Вот только тяготение мы зачем-то отождествляем с антропоморфной абстракцией, то есть с силой. А если этого не делать?

И только в одном случае классическая механика объясняет невесомость отсутствием внешних сил. Это случай, когда космический корабль летит в далеком космосе с выключенными двигателями, «по инерции», сохраняя приобретенное при разгоне движение.

За каждым из четырех приведенных примеров стоит массивная (материальная) система отсчета: 1) лифтовая кабина, 2) самолет-тренажер, 3) орбитальная станция, 4) космический корабль дальнего следования. Во всех четырех натуральных системах пробные массы пребывают в одинаковом механическом состоянии – невесомости. Но при этом из четырех систем лишь одну, последнюю, Ньютонова механика считает инерциальной, постулируя, что «внешние силы» не оказывают «действия» на ее движение. Неравномерные – с точки зрения динамики – перемещения трех других натуральных систем, якобы подчиняющихся силе, как будто бы заставляет сосредоточенные в них предметы проявлять приписываемое им инертное свойство. Этим свойством (а не отсутствием «внешних сил») вроде бы удовлетворительно объясняется невесомость в массивных системах отсчета, геометрия полета которых определяется тяготением. Вот только тяготение со времен Ньютона и до сего времени понимается в смысле «движущей силы», этой грубой нарушительницы инерциального – равномерного и прямолинейного – движения. А за гипотетическим свойством массы сопротивляться «действию сил» тянется длинный хвост спора о «силах инерции», веско свидетельствующего о сомнительности этого свойства.

Не пора ли задуматься о том, что первый закон классической механики справедлив лишь как частный случай бессилового движения? Не попробовать ли вслед за Герцем переформулировать его, сделать более общим? Может, стоит задуматься над тем, что такое невесомость, этот антипод силовой гравитации? Быть может, она – естественное состояние небесной массы? Может быть, планеты Солнечной системы тоже пребывают в невесомости и летят, не испытывая действия сил, которые суть не более чем «математические вспомогательные конструкции»? Не станем ли мы лучше разбираться в явлениях окружающего нас мира, если навсегда избавимся от силовых представлений об осуществляющихся в нем взаимодействиях и откажем массе в свойстве сопротивляться действию сил, оставив за ней способность сохранять известные движения, в том числе равномерное и прямолинейное, считающееся определенно бессиловым?

Историография науки приписывает Ньютону «открытие» силы тяготения. Сколько восторженных фраз сказано по этому поводу! А ведь Ньютон, сам не зная того, сделал открытие, несомненно, более важное. Он смог количественно определить массу – такую характеристику объекта классической механики, которая сохраняется за ним независимо от места пребывания и обстоятельств движения.

Правда, по этому поводу восхищение не выражается. Наверное, потому, что масса – это все видимое и ощущаемое любым человеком. Она – несомненно существующее существительное, быть может единственное в этом мире, построенном на гравитационном и электромагнитном взаимодействиях.

А вот сила, как говорит Герц, имеет неизвестную таинственную природу. То сила вроде бы есть, то ее определенно нет. Правда, при ближайшем рассмотрении видно, что посредством закона всемирного тяготения Ньютон всего лишь выразил формулой антропоморфный вес. И тем самым как бы материализовал духа, который якобы отвечает за взаимовлечение тел. Но это мнение некоторых толкователей Ньютона. Сам первооткрыватель – отдадим дань его мудрости – никого не призывал верить в реальность силы, названной затем Ньютоновой. Он считал, что выражения для сил есть всего лишь правила, согласующиеся с кинематическими опытами. И не более того.

Д`Аламбер, вклад которого в механику известен каждому, кто всерьез брался ее изучать, считал движущие свойства «активных» сил сомнительными и шел дальше: «Я отказался от движущих причин и полностью изгнал из механики силы, представляющие собой туманные понятия, способные распространить мрак в науке, являющейся по своему существу ясной и понятной».

Резюме Пуанкаре еще категоричнее: «Когда говорят, что сила есть причина движения – это метафизика». И в самом деле нет никаких видимых оснований считать, что подброшенный предмет падает на землю под действием силы. Однако есть все основания думать, что он перемещается вниз ускоренно из-за притяжения. Притяжение (гравитация) выглядит априорным свойством массы, то есть свойством по определению. Реализуя его, два тела, предоставленные самим себе, устремляются навстречу друг другу. А вес – сила тяжести – есть всего лишь «остановленное движение». И если источник гравитации всегда можно указать, то источник силовых представлений о ней с трудом, но угадывается. Это ощущение и воображение человека, издревле занимавшего место между своей ношей и Землей, делающей эту ношу тяжелой.

Но вот тяжесть скинута с плеча и тут обнаруживается, что в свободном падении ее скорость растет прямо пропорционально времени. Эту пропорцию установил Галилей, анализируя опыты по сбрасыванию пушечных ядер с Пизанской башни. Она-то и воплотилась в основной закон динамики, дав безупречную вычислительную основу натурфилософскому учению о движущих силах природы, верному с точностью до физического смысла.

Если тяготение все-таки можно понять без силы, то трудность с инертным свойством массы в классическом понимании вряд ли преодолима. Вспомним, что вводится сомнительная инерция первым постулатом Ньютона, в законодательном порядке утверждающим, что единственное в природе бессиловое движение – равномерное и прямолинейное. Но если однажды «инерциальное перемещение» вдруг обрывает «действующая сила», то сперва следовало бы сказать, что она такое. А это, по-видимому, невозможно из-за отсутствия в природе физических аналогов таких, на первый взгляд удобных, понятий, как «ускоряющая сила» и «сила инерции».

Странная ситуация сохраняется с основами механики вот уже долгое время. Силы, вводимые или получаемые в расчетах, абстрактны. Не имеет значения, «физические» они или «инерционные». И те и другие по существу невидимы. Но их можно исследовать, так как вроде бы они ответственны за деформацию материалов и сокращение мышечных волокон. Взаимодействие масс через пространство объективно как явление, но его как будто бы нельзя понять без абстрактного агента – силы, антропоморфизм которой настораживает.

Ключом к проблеме является высказывание Энгельса: «Это старая история. Сперва создают абстракции, отвлекая их от чувственных вещей, а затем желают познать эти абстракции чувственно… Эмпирик до того втягивается в привычное ему эмпирическое познание, что воображает себя все еще находящимся в области чувственного познания даже тогда, когда он оперирует абстракциями».

Но кто же он, этот заблудший эмпирик,– механик-практик или теоретик-вычислитель, или оба, выговаривающие друг другу за путаницу с основаниями силовой механики? Похоже, что в первую очередь практик, ратующий за реальность инерционных сил. Он не может не учитывать инерцию при конструировании движущихся частей механизмов. Поэтому для него сила инерции – существительное, существующее, правда, лишь в его (но не машины!) ощущениях и чуть выше них – в его воображении.

Однако с ярлыками надо обращаться осторожно. Теоретику, уверенно оперирующему символами, тоже следует отвести глаза от бумаги, посмотреть вокруг и задуматься: а способны ли его чернильные векторы-силы, прекрасно зарекомендовавшие себя в практике вычислений, ускорять вселенские массы и удерживать в органическом единстве живую ткань вечной и бескрайней матери-природы? Ведь Ньютон не только начертал для него формулу силы, но предупредил, что на этом, похоже, заканчивается все возможное знание о ней. Гений был строг к себе и даже собственной фантазии не позволял буйствовать. И потому глубоко сомневался в том, что подброшенный предмет падает обратно под действием «приложенной» к нему силы.

«Причину этих свойств тяготения я до сих пор не мог вывести из явлений… Все же, что не выводится из явлений, должно называться гипотезой. Но гипотезам метафизическим, механическим, скрытым свойствам не место в экспериментальной философии. Гипотез я не измышляю. Довольно того, что тяготение на самом деле существует и действует согласно изложенным нами законам и вполне достаточно для объяснения движений всех небесных тел».

Есть доля пессимизма в этом признании творца первой механической модели мира… И все-таки до сих пор на силовую механику мы смотрим как на высочайшее достижение человеческой мысли! Пока ей нет достойной замены, несмотря на неясность ее физических основ.

Эфир Герца,– по-видимому, такая же фикция, как и «действительная сила». Как среда, в которой происходят движения масс, он уверенно забракован экспериментальной физикой. Но все же и сейчас гипотеза эфира многим ученым представляется состоятельной. И вот что интересно. Из специалистов, отдающих ей предпочтение, большинство занимаются электромагнетизмом, как Герц в свое время. В силу профессиональной принадлежности эти люди постоянно имеют дело с колебаниями и частотами, которые проще всего моделируются волнами. Волны распространяются. Для их распространения необходима некая среда. Таков один из вариантов гносеологии эфирной концепции. Волновые уравнения, которыми описывают некоторые физические процессы, усиливают ощущение ее справедливости.

Если Пуанкаре вовсе не разделял гипотезы Герца о скрытых массах, то по части критики силовой механики он был с ним солидарен. Есть в учении о движущих силах что-то неприемлемое для ума, считал он. «Система, которая освободит нас от них, уже этим одним будет лучше нашей»,– писал он. И, переходя к рассмотрению энергетической механики, замечал: «В самой формулировке принципа наименьшего действия есть что-то неприятное для разума. Чтобы попасть из одной точки в другую, материальная молекула, свободная от воздействия любой силы… будет двигаться по наикратчайшему пути. Формулировка представляет нам, так сказать, ее как существо одушевленное и свободное. Ясно, что следовало бы лучше заменить эту формулировку менее поражающей, в которой, как говорят философы, конечные цели не будут казаться заменяющими действительные причины».

Действительных причин природных движений мы до сих пор, к сожалению, не знаем. Но в принципе наименьшего действия угадывается идея геометризации взаимодействий и движений вещества, некоторым образом воплощенная в общей теории относительности, суть который кто-то сформулировал так: «Материя говорит пространству, как оно должно искривляться, а пространство говорит материи, как она должна двигаться». И хотя искривленное пространство релятивистской механики не заполнено эфиром, он, опять-таки незримо, присутствует в нем в форме некой изменчивости геометрии, присущей кинематике природных взаимодействий.

Есть ли что-нибудь в неведомой пустоте между материальными телами? Что там? Эфир? Потенциальная энергия? Или космос состоит из одних только движущихся масс – носителей кинетической энергии, перемещающихся геометрически и кинематически закономерно не столько из-за неведомого действия, сколько из-за еще не понятого правильно взаимодействия друг с другом?

К сожалению, ни одна из существующих теорий не в состоянии дать исчерпывающего ответа на эти непростые вопросы…

«Чтобы материализовать энергию, нужно ее локализовать; в отношении кинетической энергии – это просто, но не так дело обстоит с энергией потенциальной. Где локализовать потенциальную энергию, вызванную притяжением двух небесных тел? В одном из них? В обоих? В промежуточном пространстве?» – вопрошает Пуанкаре, разделяя недоумение Герца по поводу невозможности понять, что же представляет собой энергия положения массы в пространстве, покой в котором никому и не снится.

Отыскивая выход из не укладывающейся в воображение ситуации, Герц поступил в духе конструируемой им теории. Он отождествил потенциальную энергию материального тела с кинетической энергией перемещающихся в пространстве невидимых масс эфира. Ну что же… Теоретик вынужден иногда принимать бездоказательные предположения, с тем чтобы, может быть потом, получить из них следствия, поддающиеся проверке. Вот только с многочисленными эфирными теориями дело обстоит одинаковым образом: любая из таких теорий признается лишь ее автором… Но… вслед за Герцем об эквивалентности массы и энергии сообщила релятивистская механика.

Двадцатый век, физика которого начинается с релятивистской и квантовомеханической формул энергии, по праву может гордиться своими научными достижениями. Специальной теории относительности только что исполнилось восемьдесят лет, а общей – семьдесят. Мы сжились с их понятиями, в свое время разрушившими классические представления о пространстве и времени, о материи и движении. Но действительные причины закономерностей, наблюдаемых нами в природе, до сих пор, как и в предшествовавшие релятивизму времена Герца, не ясны отчетливо. Однако мы уверены в материальности этих причин и в том, что механика будущего скажет о них со всей определенностью.

Грядущая теория вряд ли пойдет по пути усложнения существующих понятий. Наверное, она просто укажет, что же на самом деле стоит за понятиями массы, энергии, инерциальности и относительности. И тогда мы еще лучше поймем, что такое окружающий нас мир.

НЕДОИЗУЧЕННЫЕ ЯВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ФИЗИКИ**

Как правильно переписать артефактные законы классической механики.

Дальнодействие без силы.

К сожалению, даже сейчас далеко не все вузовские преподаватели естественных и технических дисциплин твердо сознают, что, например, современная физика – наука наполовину гуманитарная. Ведь кроме многочисленных уравнений и подтверждающих измерений у нее есть другая сторона. Это понятия и представления. Без них язык самой точной теории – всего лишь алфавит, буквы которого комбинируются, но не складываются в слова, несущие определенный смысл. Более того, «выучить формулы и уравнения, пожалуй, легче, чем следовать физическим рассуждениям и понимать логику явлений природы, которая часто выглядит весьма странной». (Я. А. Смородинский.)

Поэтому, не сомневаясь в собственной логике, согласимся, что любая модель физики (например, ньютонова теория тяготения), подобно листу бумаги имеет две стороны – понятийно-терминологическую, то есть гуманитарную, и расчетно-математическую, то есть количественную. А которая из них важнее – таким вопросом лучше не задаваться. И в самом деле, без понятий, выстраиваемых в цепочку, нет мыслей, слагающих естественно-научные представления об объективной реальности.

Но то, что теоретические построения в физике начинаются произнесением слова, зачатого где-то в недрах пытливого ума, не вполне верно. Слова необходимы нам – людям для общения между собой. Между тем прямое общение субъекта с природой на уровне ее законов слов не требует. И в этом ракурсе человек и собака, пожалуй, одинаковы и равны как интуитивные физики.

Бросьте в пса камень… И вы убедитесь, что он осведомлен о траектории снаряда, не зная, что это парабола. Так и древний охотник попадал камнем в цель, не имея учебников, где чуть ли ни на первом месте прописан закон всемирного тяготения.

И получается, что физические представления, еще не ставшие словами, по умолчанию вложены в мозг как способность к активным действий, выполняемым инстинктивно. Однако было бы ошибкой думать, что извле-

** С сокращениями напечатано в //Нефтегазовое дело. – том 3, 2005. – С. 317-331.

ченные из сознания в виде терминов понятия обязательно отражают нечто, существующее в действительности.

Взять, к примеру, такой знакомый всем образ, как сила тяготения. Ее никто никогда не видел. И тем не менее, люди договорились до того, что она есть. Однако сила не более чем обозначение гравитации – явления, до конца не понятого. Хотя, казалось бы, что может быть проще: две массы объективно существуют и из-за единства и единственности своей природы притягиваются без всяких сред и посредников, то есть без агентов, отвечающих за их взаимное влечение и называемых, например, силами.

И выходит, что гравитация – это… свойство вещества по определению. Таков общий принцип, озвученный И. Кеплером в виде предположения: «Если бы во Вселенной было только два камня, они двигались бы один к другому, пока ни встретились бы». Ну, а если однонаправленная гравитация до сих пор не собрала всю массу Вселенной в одном месте, то скорее всего есть какой-то фактор, исходящий из недр того же вещества, который этому препятствует...

Давно известная гипотеза гравитационного дальнодействия служит хорошим примером того, как термин "сила", подразумевающий тяготение, дает представление о Вселенной в целом. Но нам не надо отправляться в космос за разгадкой гравитации. Ведь это явление у нас – землян всегда под рукой. И не стоит выходить за пределы физики, как это сделал И. Ньютон, увидевший мысленным взором отдельное тело (не божье ли?), пребывающее то ли в покое, то ли в прямолинейном равномерном движении до тех пор, пока рядом не возникнет (откуда?) другая масса как источник силы, с которой предстоит разобраться.

А между тем, будь Ньютон повнимательнее, он заметил бы, что невесомое состояние объекта механики, понимаемое как отсутствие внешней силы, в той же мере свойственно массе в свободном падении. Если абстрагироваться от сопротивления земной атмосферы, то никаких напряжений и деформаций внутри подающего тела нет. То есть, в инерционном полете вне гравитации и в параболическом движении под действием тяготения состояние массивного объекта называется одним словом – невесомость. Но почему-то первую невесомость Ньютон счел бессиловой, а о второй вообще не сказал ни слова!

И выходит – Ньютон не заметил, что гравитация двойственна. С одной стороны – это тяжесть тел в статике, а с другой – их же невесомость в кинематике. Однако эти противоположные состояния вещества Ньютон объединил понятием силы. Но тогда – что такое сила, действующая на массу то так, то совсем иначе? Этот вопрос занимает выдающиеся умы не один век… И мы попробуем разобраться с силой, зная, что у нее есть две стороны – смысловая и формальная, то есть математическая.

Гуманитарные представления о гравитационной силе зародились на заре цивилизации в ощущениях человека, естественным образом занимавшего положение между Землей и тяжелой ношей, которую ему приходилось нести на себе (после удачной охоты, например). Однако различие состояний камня в руке и после броска далеко не каждый из ныне здравствующих ученых осознает как противоречие силовой теории тяготения. И в этом недоразумении корень того, что антропоморфное понятие силы, ощущаемой мышечно, даже весьма образованный человек проецирует на массу, сброшенную с плеча, но не долетевшую до земли. Хотя нельзя утверждать, что наш древний предок совсем уж не был знаком с невесомостью.

Нейрофизиологам известен такой опыт. Младенца нескольких недель от роду клали на стеклянную столешницу животом вниз. И, увидев под собой пустоту, ребенок напрягал мышцы, как бы готовясь к удару о пол. Быть может память, доставшаяся ему от предков-обезьян, на генном уровне запечатлела ужас невесомости, сопутствовавший падению с дерева? К тому же немало взрослых людей страдают боязнью высоты, ни разу не испытав свободного полета...

Как видно, в невесомости человек побывал задолго до космической эры... Но почему то физики делят ее на “чистую” (то есть, бессиловую) и временную (можно сказать, гравитационную)… Не потому ли, что приняли на веру второй закон Ньютона, выставивший силу F причиной ускорение $a = const$ массы m? Хотя формула $F = ma$ вряд ли является законом. Скорее это формальное определение. И действительно: если масса реальна и ускорение наблюдаемо, то что такое их произведение? “Математическая вспомогательная конструкция” – утверждал Г. Герц [1]. “Артефакт теории тяготения” – как показано ниже.

Для справки: артефакт исследования (от лат. *artefactum* – искусственно сделанное) – процесс, явление, образование и т. п., не свойственные объекту как таковому и возникающие в ходе его изучения посредством инструментов, методик, оргприемов, теорий и т. д.

Итак, есть два состояния “пробного камня” в условиях земного притяжения: статическое, называемое силовым, и кинематическое, сопровождаемое невесомостью. При этом над землей камень летит как бы по инерции с постоянным ускорением. И факт его невесомости в равномерном движении по параболе заставляет думать, что гравитационное ускорение не является динамическим, то есть ни с какой силой не связано. Тем более, что объект механики, усилием руки подброшенный вверх и без сил падающий вниз, не противится этому своей инертностью, о чем говорит отсутствие деформаций и напряжений в теле, пребывающем в невесомости под влиянием тяготения, локально-однородного по ускорению свободного падения.

Догадываясь, что физика – не грамматика и поэтому хотя бы одно исключение из ее формального правила, называемого законом, служит поводом для сомнений в его достоверности, выполним бессиловой расчет машины Дж. Атвуда. Она представляет собой две массы, связанные нитью, перекинутой через блок. (*Рис.* 1.) Для оценки гравитационного ускорения $g = const$ эту машину запускают студенты на лабораторных занятиях по курсу «Механика».

Когда грузы одинаковы, механизм Атвуда стоит. Если же они различны, то малый груз ускоренно возносится вверх, тогда как большой стремится вниз с тем же ускорением $a = const$. Его находят по известной высоте H и измеренному времени падения T, пользуясь формулой $a = \frac{2H}{T^2}$.

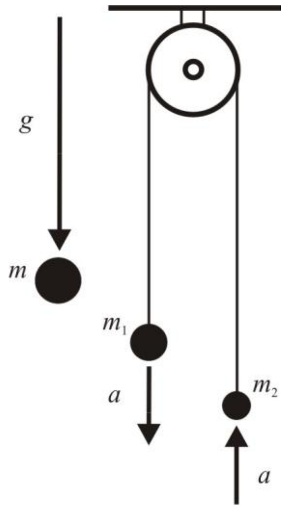

Рис. 1.

Таким образом, традиционный способ оценки технического ускорения $a < g$ является хроногеометрическим. Но есть и другая возможность.

При обрыве нити каждая из масс m_1 и m_2 будет падать вниз с естественным ускорением $g =$ $= const$, которое примем за единицу. И в этом масштабе техническое ускорение $a = const$ системы ($m_1 + m_2$) определит формула $\frac{a}{g} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$, получаемая из “силового” уравнения $m_1g - m_1a =$ $= m_2g + m_2a$, члены которого выражают весовые характеристики грузов и инерционное сопротивление их масс ускоренному движению.

Но в учебном пособии по классической механике [2] можно найти не одно решение задачи Атвуда, а два с одинаковым результатом. Первое (приведенное выше) является силовым и попутно определяет натяжение нити, тогда как второе начинается построением уравнения Лагранжа, учитывающего потенциальную и кинетическую энергии элементов системы ($m_1 + m_2$).

Между тем понятия силы и энергии в рассматриваемом примере не являются строго обязательными. Ведь ускорение машины Атвуда предопределено отношением $\frac{m_2}{m_1}$. При этом число $Z = \frac{m_2}{m_1}$, где $Z < 1$ при $m_1 > m_2$, не зависит от того, сколько вещества содержат спаренные грузы по отношению к эталонной массе. К примеру, если в первом пуд веса, а во втором всего четыре килограмма, то такая спарка перемещается с тем же ускорением a, что и система из масс в один и четыре килограмма соответственно. Но при одной и той же величине $a = const$ натяжение нити между количествами вещества m_1 и m_2 с отношением 4:1 будет разным. И выходит, что не сила определяет ускорение машины Атвуда, а разность $m_1 - m_2$ компонент системы $(m_1 + m_2)$, пронормированная их суммой.

Более того, количества m_1 и m_2, сравниваемые между собой напрямую, то есть без эталона массы, связаны с сопоставляемыми ускорениями $a = const$ и $g = const$ иначе, чем в формуле второго закона Ньютона.

Наблюдая механизм Атвуда в действии, мы видим движущиеся грузы, а количественные представления о работе машины получаем посредством измерений и правдоподобных рассуждений, называемых научными. Но при этом вовсю пользуемся воображением или, иначе говоря, фантазируем. А главным продуктом абстрагирования от материальной действительности является число. Его метрологическое происхождение не вызывает сомнений. Ведь базовое понятие арифметики постепенно сложилось в процессе измерений, первым примером которых служит поштучный счет.

Таким образом, в начале так называемых точных наук стоит натуральное число. А дробные числа вместе с целыми выступают конечным продуктом технических измерений и нашего теоретизирования по поводу объективной реальности. И действительно, сейчас решение большинства задач механики и физики начинают построением дифференциальных уравнений, которые тут же преобразуют в алгебраические. Но затем вычислители обращают их в тождества и тем самым доводят теорию “до числа”. Мы же пойдем встречным путем – “от числа”.

Вспомним, что тот же Ньютон дал приемлемое определение формальному результату расчетов и измерений: «Под числом мы понимаем не столько множество единиц, сколько отвлеченное отношение какой-нибудь величины к другой величине того же рода, принятой нами за единицу» [3]. И в этом ракурсе очевиден метрологический смысл скаляра $Z = \dfrac{m_2}{m_1} < 1$, где m_1 – масштаб, а m_2 – величина измеряемая. Хотя в общем решении $\dfrac{a}{g} = \dfrac{1 - m_2/m_1}{1 + m_2/m_1} = \dfrac{1-Z}{1+Z}$ задачи Атвуда есть еще число $\Delta = \dfrac{a}{g} < 1$, такое, что $\dfrac{1-\Delta}{1+\Delta} = Z$. И получается, что в последней формуле массы $m_1 \equiv 1$, $m_2 \equiv Z$ и ускорения $g \equiv 1$, $a \equiv \Delta$ определенным образом связаны. Причем их корреляция заложена в пропорции $\dfrac{m_2}{m_1} = \dfrac{g-a}{g+a}$, левая часть которой – это масса

m_2, выраженная в долях количества m_1, а в правой части стоит отношение двух ускорений, одинаково (на величину $a \equiv \Delta$) отличающихся от $g \equiv 1$.

Пусть $g - a = a_1$ и $g + a = a_2$, где a_1 и a_2 – ускорения грузов m_1 и m_2 в системе отсчета, свободно падающей мимо машины Атвуда (*см. рис.* 1). Как видно, суммировать можно не только силы, но также и ускорения. Причем из условия $m_1 a_1 = m_2 a_2 = F$ (F – измеряемая сила натяжения нити) следует пропорция $\frac{m_2}{m_1} = \frac{a_1}{a_2}$, а из нее вытекает тождество $1 + \frac{m_2}{m_1} = \frac{a_1}{a_2} + 1$, которое как бы приравнивает аддитивные правила $m_1 + m_2 = M$ и $a_1 + a_2 = {}$ $= 2g$, поделенные на m_1 и a_2 соответственно: $\frac{m_1 + m_2}{m_1} \equiv \frac{a_1 + a_2}{a_2}$. Более того, нормировка этих правил по $\frac{M}{2}$ и по g обобщает их скалярной формой $\text{B} + \beta = 2$ из парных чисел B и β, имеющих размерность и массы и ускорения. При этом единицей измерения количеств $m_1 \equiv \text{B} \geq 1$ и $m_2 \equiv \beta \leq 1$ служит их среднее арифметическое, а величины $a_1 \equiv \beta \leq 1$ и $a_2 \equiv \text{B} \geq 1$ определены по отношению к естественному ускорению g, равному их полусумме. И в итоге мы имеем количественную теорию механизма Атвуда, построенную без сил и без энергий на основе одного-единственного числа $Z = \frac{m_2}{m_1}$.

В самом деле, зная число-отношение Z можно найти скаляр $\Delta = \frac{1 - Z}{1 + Z}$ и тем самым вычислить техническое ускорение $a \equiv \Delta$ системы ($m_1 + m_2$), не пользуясь геометрией и хронометрией и не опираясь на псевдофизические представления о “движущей” силе и потенциальной энергии. При этом оказывается ненужной эталонированная метрология с единицами длины, длительности, ньютонами силы и килограммами массы. Ведь полное описание равноускоренного движения, изучаемого студентами в учебной лаборатории, обходится скалярами 1, Δ, β, B, Z и 2, взаимно детерминированными так, что $1 = \frac{\text{B} + \beta}{2}$, $\Delta = \frac{\text{B} - \beta}{2}$, $\beta = 1 - \Delta$, $\text{B} = 1 + \Delta$, $Z = \frac{\beta}{\text{B}} = \frac{1 - \Delta}{1 + \Delta}$ и $2 = \text{B} + \beta = (1 + Z)(1 + \Delta)$.

Конструкцию из шести чисел, связанных алгебраическими операциями, обозначим как $\blacklozenge 1 \backslash \Delta \backslash \beta \backslash \text{B} \backslash Z \backslash 2 \blacklozenge$ и назовем двойным секстетом, подразумевая, что его взаимозависимые члены имеют две размерности – [M] и [G], то есть и массы и ускорения. Но вот что важно: количественная оценка ускорений методом особых чисел определенно не является хроно-геометрической, так как обходится без понятий пространства и времени.

Третий способ расчета машины Атвуда – “от числа” – не вошел в учебники по классической механике. И все потому, что понятия силы и энергии стали до того привычными, что уже кажутся нам категориями физики, то есть реальностями природы. А ведь было время, когда они конфликтовали: “мертвая” ньютонова сила не пускала в науку силу “живую”. Этот период ознаменовался ожесточенным спором между последователями Р. Декарта и сторонниками Г. Лейбница. Первые настаивали на сохранении движений в форме импульса, а вторые утверждали, что в наблюдаемых явлениях (упругого удара, например) сохраняется “живая” сила. Так тогда называли работу и кинетическую энергию.

Причиной разногласий, которые уже не кажутся нам непримиримыми, Э. Мах, один из критиков механики И. Ньютона, считал… невнимательность Г. Галилея – гиганта, с плеча которого автор «Математических начал натуральной философии» увидел панораму придуманной им физики. Оказывается, сбрасывая пушечные ядра с Пизанской башни, экспериментатор Галилей сосредоточился на том, что их скорость со временем возрастает и совершенно упустил из виду, что она также увеличивается пропорционально пройденному пути, то есть является двойственной по хроно-геометрическому определению, характерному для классической механики.

«Именно этому ничтожному историческому обстоятельству следует приписать то, что понятие работы с таким трудом, столь постепенно приобрело современное свое значение. В самом деле, вследствие того, что зависимость между скоростью и временем была случайно найдена раньше, соотношение $v = gt$ должно было показаться первоначальным уравнением, $h = \frac{gt^2}{2}$ – ближайшим и уравнение $gh = \frac{v^2}{2}$ – более отдаленным следствием. С введением понятия массы m и силы P (причем $P = mg$) получается $mv = Pt$; $mh = \frac{Pt^2}{2}$; $Ph = \frac{mv^2}{2}$, то есть основные уравнения механики.

Таким образом, понятия силы и количества движения (mv) должны были показаться первоначальнее, чем понятия работы (Ph) и живой силы (mv^2). Нет поэтому ничего удивительного в том, что везде, где появлялось понятие работы, делались попытки заменить его понятием исторически более старым. В этом именно находит свое полное объяснение весь спор между последователями Лейбница и Декарта…» – пишет Мах [4]. И добавляет: «Если бы падение тел исследовал Кеплер, не останавливавшийся и перед сложными допущениями…, ход развития динамики оказался бы существенно иным».

Не считая выражения $I = mv$, $P = mg$ и $E = m\frac{v^2}{2}$ законами, нельзя не заметить, что формальные определения импульса, гравитационной силы и кинетической энергии математически однообразны. В алгебраическом смысле – это мультипликативные конструкции, то есть произведения из массы и кинематической характеристики – скорости в первом случае, ускорения во втором и квадрата скорости, поделенного пополам в третьем. Причем оценка величин v и g числами двухслойна и не обходится без геометрии и хронометрии – дисциплин, описывающих формальные свойства пространства и времени как артефактов, одинаковых по непрерывности.

В итоге классическая механика, как парадигма, признаваемая научной, выглядит системой *а*) хроно-геометрической по определению характеристик движения – скоростей и ускорений, *б*) векторно-дифференциальной по способу вычислений координат и времени и *в*) энерго-силовой по пониманию причинности. При этом последний – гуманитарный тезис отвергнут приведенным выше расчетом машины Атвуда. Хотя есть и другие расчеты “от числа”, альтернативные моделированию разнообразных явлений элементарной физики на основе импульсов и энергий, аддитивных в рамках законов сохранения.

Покажем, что законы сохранения действуют не в природе, а в границах физико-математической парадигмы, обозначившей себя как теоретическая механика.

Удар без импульса.

Сейчас большинство ученых сходятся во мнении, что Вселенная представляет собой физико-механическую систему (ФМС-1) из вещества и взаимодействий, управляющих его движением. При этом физики надеются, что каждому явлению ФМС-1 найдется формально-математическое соответствие (ФМС-2) в виде закона или уравнения наблюдаемого движения. Но, помимо рукотворных средств поиска и проверки ФМС-2 ученый-исследователь любого ранга пользуется физио-метаболической структурой (ФМС-3), то есть своим мозгом, в пределах которого взаимодействуют и перемещаются не только молекулы, но и электрические возбуждения. При этом ФМС-3 работает в режиме непрерывных жизненно важных измерений. Так что в некотором смысле сам мозг является прибором, практикующим неизвестную нам метрологию. А ло-

гика, в том числе математическая – это письменный продукт серого вещества, который мы скорее навязываем природе, чем извлекаем из явлений, наблюдаемых воочию или с помощью техники, то есть опосредствованно.

В качестве примера рассмотрим ту как бы физическую логику, что привела Ньютона к известным представлениям о гравитационной силе, в итоге оказавшейся математическим артефактом.

Издревле деятельный человек ощущал вес как мышечное напряжение. А для его обозначения люди придумали слово. (Этот шаг, обязательный при становлении и развитии языковой культуры, ученые-лингвисты называют номинализацией.) Обиходное слово “сила”, сначала произносимое, а потом записываемое, внедрилось в синтаксис, став членом предложения. В предложениях вроде “сила удерживает” и “сила перемещает” данное имя оказалось на месте существительного. Но по смыслу, то есть семантически, “сила” – это несуществующее существительное, поскольку обозначает не предмет, а ощущение предмета, воспринимаемого с закрытыми глазами как вес, поддающийся измерению.

Как видно, по происхождению “сила” антропоморфна, что, однако, не помешало Ньютону сделать это нейрофизиологическое понятие физическим термином, обозвав его именем заглавный символ формулы, объявленной законом всемирного тяготения.

Таким образом, история, начавшаяся в глубокой древности номинализацией мышечного напряжения, была продолжена формализацией веса, как его причины. А завершением этой темной истории должно стать всеобщее осознание того факта, что по сути (то есть онтологически) антропоморфная сила не только несуществующее существительное, но и артефакт теории тяготения. Ведь под влиянием гравитационного фактора масса (как единственный объект механики, обладающий свойством движения) может быть невесомой (например, в свободном падении). Поэтому силу, склоняемую в рамках синтаксиса, но беспредметную по семантике, нельзя считать категорией физики по причине отсутствия онтологического содержания.

Теперь требуется доказать (лучше всего с помощью математики), что по представленной схеме сформирована почти вся понятийно-терминологическая база классической механики. Ведь путь от номинализации до формализации прошла не только пресловутая “сила тяготения”, но и такие понятия, как “пространство”, “время”, “энергия” и многие другие. И получается, что наши артефактные представления об окружающем мире иначе как псевдофизикой не назовешь.

Избежать бессмыслицы в логических основаниях физики можно, вновь обратившись к давно известным явлениям, математическое описание которых в свое время стало достижением науки и началом классической механики – парадигмы, базирующейся на понятиях и представлениях с одной стороны и на измерениях и уравнениях с другой. И для этого в новом ракурсе рассмотрим такой давно известный и, казалось бы, уже понятный эффект элементарной физики, как упругий удар.

В 1668 году Лондонское Королевское общество объявило конкурс, темой которого стала проблема столкновения тел. В конкурсе приняли участие многое выдающиеся математики и натурфилософы того времени. Благодаря их работам в рамках классической механики сформировалась современная теория удара. Представим простейший вариант этого явления в критическом свете.

С целью формализации лобового столкновения между шариками m_1 и m_2 вводят гипотетическую точку 0, называемую центром тяжести материальной системы (m_1 + m_2). Физикам-теоретикам эта точка нужна даже в случае невесомости сталкиваемых тел, поскольку с ней связывают систему отсчета K_0, в которой шаровые массы до удара сближаются с относительной скоростью V = *const*, стремясь к пункту 0 со скоростями v_1 и v_2, такими, что $v_1 + v_2 = V$. (*Рис*. 2.) При этом центр масс 0 определяет пропорция $\frac{l_1}{l_2} = \frac{m_2}{m_1}$. То есть, в некоторый момент встречного движения, принимаемый за начало отсчета времени $t = 0$, пункт 0 делит расстояние L между геометрическими центрами 1 и 2 сферических тел m_1 и m_2 на части l_1 и l_2.

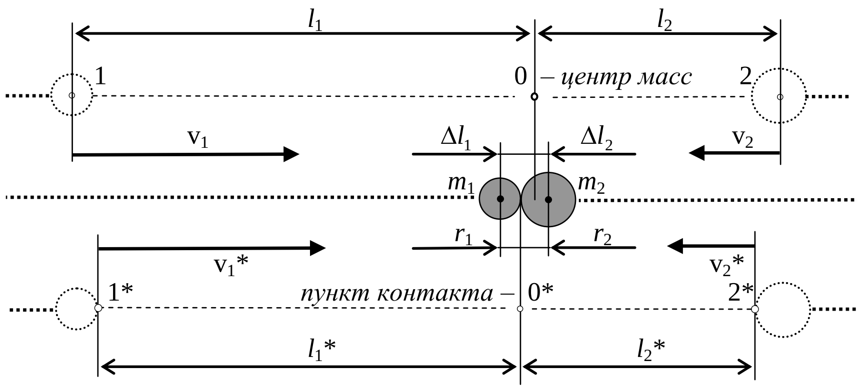

Рис. 2.

Если время, истекшее с момента $t = 0$ до соприкосновения сфер с радиусами r_1 и r_2 равняется t, то их скорости v_1* и v_2* можно найти по пробегам l_1* и l_2* фронтальных точек 1* и 2* данных сфер до пункта контакта 0*: $v_1^* = \frac{l_1^*}{t}$ и $v_2^* = \frac{l_2^*}{t}$. Но если объемы шаровых масс заменить цен-

тральными точками 1 и 2, то теоретически они должны встретиться в пункте 0 через период Δt по истечении времени t. И тогда скорости v_1 и v_2 материальных точек 1 и 2 были бы представлены отношениями $\frac{l_1}{t+\Delta t}$ и $\frac{l_2}{t+\Delta t}$.
Причем $l_1 = l_1^* + r_1 + \Delta l = l_1^* + \Delta l_1$ и $l_2 = l_2^* + r_2 - \Delta l = l_2^* + \Delta l_2$, где $\Delta l = \Delta l_1 - r_1 = r_2 - \Delta l_2$ – расстояние от пункта касания 0* до центра масс 0. А так как дистанции Δl_1 и Δl_2 между пунктом 0 и точками 1 и 2 в момент касания t совпадают с перемещения точек 1* и 2* за дополнительное время Δt, то $v_1 = \frac{l_1^* + \Delta l_1}{t+\Delta t} = \frac{\Delta l_1}{\Delta t} = v_1^*$ и $v_2 = \frac{l_2^* + \Delta l_2}{t+\Delta t} = \frac{\Delta l_2}{\Delta t} = v_2^*$.

Подчеркнем, что доударные скорости шаровых масс в системе отсчета K_0 определены численно на основе понятий пространства и времени. А теперь обратим внимание на такую странность: оказывается длины и длительности можно делить друг на друга, а складывать нельзя. Ведь путь и время разнородны и аддитивно не сочетаются. Но в таком случае хроногеометрическая оценка скоростей $v_1 = v_1^*$ и $v_2 = v_2^*$ метрологически не корректна, так как противоречит определению Ньютона: «Под числом мы понимаем… отношение какой-нибудь величины к другой величине *того же рода* (курсив мой – *О. Ч.*), принятой нами за единицу».

Таким образом, кинематическое правило $v_1 + v_2 = V$, моделирующее встречное движение упругих шаров m_1 и m_2 в системе их центра масс 0, получается из равенства $l_1 + l_2 = L$ делением на $t + \Delta t$ без должной строгости. То есть, пространственно-временная оценка скоростей не корректна метрологически. И тем не менее, вернемся к отношению $\frac{m_1}{m_2} = \frac{l_2}{l_1}$, которым в механике определяет положение центра масс системы $(m_1 + m_2)$, и умножим его правую часть на $\frac{t+\Delta t}{t+\Delta t} = 1$. Тогда $\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2}{v_1}$. Обычно данную пропорцию считают следствием равенства $m_1v_1 = m_2v_2$. Но в расчете упругого удара можно обойтись без понятий импульса и энергии, которые по сути вторичны и являются производными хроно-геометрического описания кинематики.

Заметим, что тождество $1 + \frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2}{v_1} + 1$ объединяет два аддитивных выражения – закон суммирования масс m_1 и m_2 и правило деления относительной скорости $V = const$ точек 1 и 2 на слагаемые v_1 и v_2, обратно пропорциональные количествам m_1 и m_2 упругого вещества. То есть, равенства $m_1 + m_2 = M$ и $v_1 + v_2 = V$ после нормировок по m_1 и v_2 соответственно становятся контркоммутативными – численно одинаковыми с точностью до перестановки слагаемых. И если для оценки масс принять $\frac{m_1+m_2}{2}=1[\mathrm{M}]$, а для скоростей ввести масштаб $1[\mathrm{V}] = \frac{\mathrm{v}_1+\mathrm{v}_2}{2}$, то аддитивные выражения $m_1 + m_2 = \mathrm{M}$ и $\mathrm{v}_1 + \mathrm{v}_2 = \mathrm{V}$ можно обобщить скалярной формой $\Gamma + \gamma = 2$, слагаемые которой имеют две размерности – [M] и [V].

Таким образом, суммируемые скорости $\mathrm{v}_1 \equiv \Gamma \geq 1$ и $\mathrm{v}_2 \equiv \gamma \leq 1$ без привлечения понятий пространства и времени получают числовую оценку в связи с массами $m_1 \equiv \gamma \leq 1$ и $m_2 \equiv \Gamma \geq 1$. При этом все возможные значения скаляра $Z=\frac{\gamma}{\Gamma}=\frac{m_1}{m_2}=\frac{\mathrm{v}_2}{\mathrm{v}_1}$ ограничены условием $Z \in [1{,}0)$. А естественным спутником числа Z является скаляр $\Delta=\frac{\Gamma-\gamma}{2}=\frac{1-Z}{1+Z}\in[0{,}1)$.

Как видно, числа 1, Δ, γ, Γ, Z и 2 образуют скалярный секстет, подобный тому, что был получен ранее модификацией классических формул с параметрами машины Дж. Атвуда. Убедимся, что члены двойного секстета ♦$1\backslash\Delta\backslash\gamma\backslash\Gamma\backslash Z\backslash 2$♦ отображают последствия прямого удара в системе отсчета, где одна из упругих масс (m_1 или m_2) до удара покоилась и где математически постулированы законы сохранения импульса и энергии.

Если шар m_2 со скоростью $\mathrm{V} \equiv 2$ налетает на неподвижную сферу $m_1 < m_2$, то в связанной с ней системе отсчета K_1 центр масс 0 пары ($m_1 + m_2$) имеет скорость $\mathrm{v}_1 \equiv \Gamma$. (*Рис*. 3.) Тогда по теореме о движении точки 0 тело m_1 в результате удара приобретет скорость $V_1 = 2\mathrm{v}_1$, а шар m_2 будет перемешаться следом со скоростью $V_2 = V_1 - \mathrm{V} \equiv 2\Gamma - 2 = 2\Delta$.

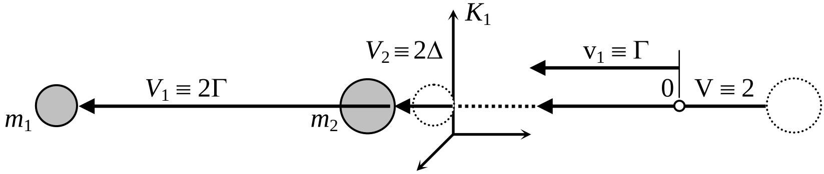

Рис. 3.

Если же масса m_2 первоначально покоилась в системе отсчета K_2, то ее послеударная скорость v_2 равняется $2\mathrm{v}_2 \equiv 2\gamma$, тогда как шар m_1 либо перемещается следом (в случае $m_1 > \frac{m_2}{3}$) со скоростью $v_1 = \mathrm{V} - v_2 \equiv 2 - 2\gamma = 2\Delta$, либо движется от места касания вспять (при $m_1 < \frac{m_2}{3}$). (*Рис*. 4.) Причем $v_1 = v_2 = \frac{\text{V}}{2}$, когда $m_1 = \frac{m_2}{3}$.

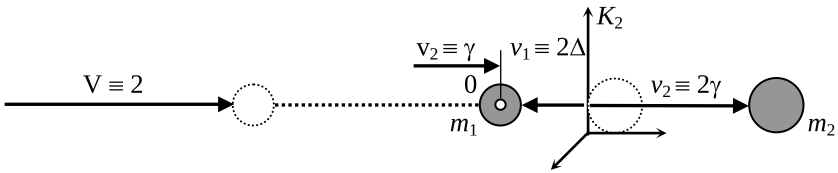

Рис. 4.

Такова негеометрическая теория лобового столкновения масс m_1 и m_2. А теперь вспомним о контркоммутативности количеств $m_1 \equiv \gamma$, $m_2 \equiv \Gamma$ и скалярных скоростей $\text{v}_1 \equiv \Gamma$, $\text{v}_2 \equiv \gamma$ в рамках гармонического секстета $\blacklozenge 1 \backslash \Delta \backslash \gamma \backslash \Gamma \backslash Z \backslash 2 \blacklozenge$. Поскольку $\Delta = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}$, то $v_1 = V_2 \equiv 2\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}$. А так как $\gamma = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}$ и $\Gamma = \frac{2m_2}{m_1 + m_2}$, то $V_1 \equiv \frac{4m_2}{m_1 + m_2}$ и $v_2 \equiv \frac{4m_1}{m_1 + m_2}$. Но при этом попарно аддитивные величины V_1, V_2 и v_1, v_2 определены в долях относительной скорости $\frac{\text{V}}{2} \equiv 1$. И поэтому $v_1 = V_2 = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\text{V}$, тогда как $V_1 = \frac{2m_2}{m_1 + m_2}\text{V}$ и $v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}\text{V}$.

Заглянув в учебник [5], можно убедиться, что зависящие от m_1 и m_2 числовые коэффициенты перед относительной скоростью V = *const* отвечают классическому решению задачи о прямом упругом ударе. А приписывая, например, налетающему шару $m_2 \equiv \Gamma$ импульс $m_2\text{V}$, энергию $\frac{m_2\text{V}^2}{2}$ и учитывая, что $\text{V} \equiv 2$, можно представить законы их сохранения тождествами $\Gamma \cdot 2 = \Gamma \cdot 2\Delta + \gamma \cdot 2\Gamma$ и $\Gamma\frac{2^2}{2} = \Gamma\frac{(2\Delta)^2}{2} + \gamma\frac{(2\Gamma)^2}{2}$, делающими связь масс и скоростей более сложной по сравнению с той, что задана секстетом $\blacklozenge 1 \backslash \Delta \backslash \gamma \backslash \Gamma \backslash Z \backslash 2 \blacklozenge$.

Убедимся, что не такие уж тщательные наблюдения ставят под сомнение классическую теорию косого столкновения упругих сфер, в простейшем случае одинаковых по массе и по размеру. (*Рис*. 5.)

Чтобы скорости v_1 и v_2 бильярдных шаров $m_1 = m$ и $m_2 = m$ после бокового касания складывались и векторно и скалярно, их послеударные траектории должны скрещиваться под прямым углом. Таково требование законов сохранения импульса и энергии, артефактный характер которых раскрыт секстетным моделированием удара лоб в лоб. Более того, векторное $\mathbf{v} = \mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_2$ и скалярное $v^2 = v_1^2 + v_2^2$ правила классической кинематики после умножения соответственно на m и на $\frac{m}{2}$ в принципе не могут быть законами, адекватными физической реальности.

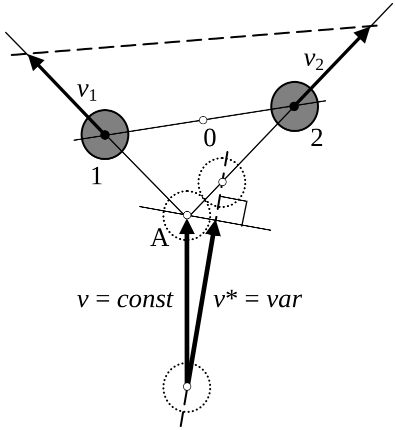

Рис. 5.

В самом деле, равенства $mv = mv_1 + mv_2$ и $m\frac{v^2}{2} = m\frac{v_1^2}{2} + m\frac{v_2^2}{2}$ подразумевают, что относительная скорость столкнувшихся шаров в дальнейшем постоянна: $v = const$. Однако ось, соединяющая геометрические центры 1 и 2 массивных сфер, как до удара, так и после него перемещается над поверхностью бильярдного стола с поворотом (*см*. *рис*. 5). Поэтому относительная скорость v^* точек 1 и 2, между которыми мысленно помещают прямо летящий центр масс 0 системы ($m_1 + m_2$), изменяется как по величине ($v^* = var$), так и по направлению. И получается, что на плоскости виден случай, когда инерционные скорости v_1 и v_2 не сочетаются векторно.

В итоге классическое описание упругого удара в понятиях импульса и энергии выглядит сомнительным из-за того, что бильярдные шары являются сферическими объемами, а не так называемыми материальными точками без какого бы то ни было размера. Но вот что странно: теоретики до сих пор допускают в принципе невозможное сложение компланарных векторов $\mathbf{v}_1$ и $\mathbf{v}_2$, совмещая их начала в пункте пересечения траекторий геометрических центров 1 и 2 шаровых масс, хотя эти воображаемые точки никогда не были там одновременно.

Метрология без эталонов.

Как известно, термины – “путь”, “пробег”, “перемещение” – аналогичны словам – “расстояние”, “длина”, “дистанция” – и равнозначны понятиям – “координата”, “интервал”, “отрезок”. И эти привычные образы, как части бесконечности или фрагменты числовой прямой, наравне с однонаправленным временем (длительностью или продолжительностью) задействованы в определении скорости $v = const$. То есть, числовую оценку движения “по инерции” предваряют геометрия (измерение пробега назначенным масштабом) и хронометрия (сравнение длительности с эталоном времени).

Таким образом, классическая теория движений опирается на единицы 1 [L] и 1 [T], которые нельзя складывать, но можно делить друг на друга. Однако эталонная скорость 1 $[L][T]^{-1}$, назначаемая с помощью масштабов длины и длительности, похожа на единичный морфизмом множества инерционных скоростей. Поэтому введем масштаб 1 [V] в кинематику, минуя геометрию и хронометрию, но опираясь на метрологический постулат о “третьем лишнем”. Тем более, что в классический закон инерции вплетены по меньшей мере шесть логико-математических проблем [6].

В точку O, как в ноль-пространство, где геометрические измерения в принципе невозможны, поместим несколько аналогичных объектов r, o, s, e,…, характеризуемых инерционными скоростями v_r, v_o, v_s, v_e,…, как бы априорными. (*Рис*. 6.) Ясно, что потенциальные движения, вложенные в пункт O, независимо от их ориентации, можно оценить численно по отношению к единице с размерностью [V]. Однако принцип “третьего лишнего”, когда две скорости – v_m и v_n – представлены количественно в долях их среднего арифметического, предпочтительнее выбора 1 [V] по произволу, поскольку сразу вводит аддитивную операцию на множестве чисел-скоростей.

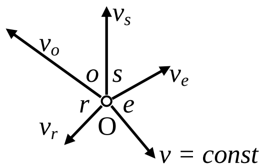

Рис. 6.

Допустим, что точки m и n с инерционными скоростями $v_m = const$ и $v_n = const$ одновременно стартуют из пункта O под определенным углом φ. (*Рис*. 7.) Тогда в рамках евклидовой геометрии и стандартной хронометрии их относительная скорость V = *const* такова, что $V^2 = v_m^2 + v_n^2 - 2v_m v_n Cos\varphi$. При этом $V = v_m + v_n$, когда $\varphi = \pi$, и $V = v_m - v_n$ при $\varphi = 0$. Но если значения v_m и v_n найти в долях $\frac{v_m + v_n}{2} \equiv 1$, то при $v_m \leq v_n$ скорости $v_m \leq 1$ и $v_n \geq 1$

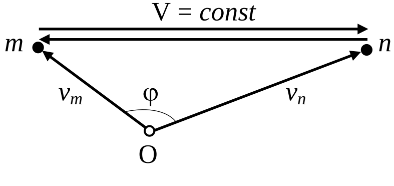

Рис. 7.

станут скалярами $\alpha \in [1,0)$ и $\mathrm{A} \in [1,2)$, одинаковыми ($\alpha = \mathrm{A} = 1$) или контрсимметричными ($\alpha = 1 - \Delta \equiv v_m$ и $\mathrm{A} = 1 + \Delta \equiv v_n$) относительно масштаба 1 [V]. Здесь $\Delta = \dfrac{\mathrm{A} - \alpha}{2} \in [0,1)$ – особое число, выражающее отклонение скоростей v_m и v_n от их полусуммы, принятой за единицу. И если ввести число-отношение $Z = \dfrac{v_m}{v_n} = \dfrac{\alpha}{\mathrm{A}} \in [1,0)$, то $Z = \dfrac{1-\Delta}{1+\Delta}$, где $\Delta = \dfrac{1-Z}{1+Z}$. Взаимозаменяемость скаляров Δ и Z назовем гиперинверсией и отметим, что $(1 + \Delta)(1 + Z) = 2 = \mathrm{A} + \alpha$, где сомножители и слагаемые числа 2 имеют размерность скорости.

Как видно, оценка скоростей v_m и v_n по принципу “третьего лишнего” допускает, что их можно складывать ($v_m + v_n \equiv 2$), вычитать ($v_n - v_m \equiv 2\Delta$), аддитивно сочетать с масштабом ($1 - v_m = v_n - 1 \equiv \Delta$) и сравнивать мультипликативно ($\dfrac{v_m}{v_n} = Z$). И те же действия разрешены с векторами $\mathbf{v}_m$ и $\mathbf{v}_n$, но только случае, когда направленные отрезки $l_1 \equiv |\mathbf{v}_m|$ и $l_2 \equiv |\mathbf{v}_n|$ коллинеарны и, как следствие, аддитивны: $l_1 + l_2 = L$. А если геометрические образы l_1 и l_2 компланарны и, как пробеги частиц m и n за единичное время T, сходятся в пункте О под ненулевым углом $\varphi \neq \pi$, то расстояние $mn = L$ находят по квадратичной формуле $L^2 = l_1^2 + l_2^2 - 2l_1l_2Cos\varphi$, откуда делением на $T \times T$ получают относительную скорость $\mathrm{V} = \dfrac{L}{T}$ объектов m и n, неоднозначную по направлению (*см. рис.* 7).

Понятно, что классическая оценка величины $\mathrm{V} = const$ в принципе является хроно-геометрической. Напротив, числовое описание инерционной кинематики, не требующее ни пространственных, ни временных измерений, назовем арифмометрической триангуляцией. При этом из $\mathrm{V} = v_m + v_n$, где $\dfrac{v_m + v_n}{2} \equiv 1$, выходит $\mathrm{V} = 2$ [V]. А подстановка $\mathrm{V} \equiv 2$, $v_m \equiv 1 - \Delta$ и $v_n \equiv 1 + \Delta$ в $\mathrm{V}^2 = v_m^2 + v_n^2 - 2v_mv_nCos\varphi$ дает $Cos\varphi = -1$. Как видно, контрсимметричные значения $\alpha \in (1,0)$ и $\mathrm{A} \in (1,2)$ инерционных скоростей v_m и v_n, сумма которых равна 2 [V], численно удовлетворяют их компланарной ориентации и безразличны к углу $\varphi \neq 0$. Но этот факт требует строгого объяснения.

Представим, что объекты 1 и 2 с противонаправленным скоростями v_1 и v_2 исходят из стартовой позиции 0 одновременно. (*Рис.* 8.) Тогда числовое значение их относительной скорости $\mathrm{V} = v_1 + v_2$, инвариантной для всех наблюдателей в пространстве с пунктом 0, будет зависеть от выбора масштабов длины и длительности, назначаемых произвольно. Напротив, по принципу “третьего лишнего” $\mathrm{V} \equiv 2$. При этом точечному наблюдателю 0′, покоящемуся вне линии с вырожденным треугольником 012, видно, что объекты 1 и 2 перемещаются относительно него с лучевыми скоростями v_1' и v_2', не постоянными ни по значению, ни по направлению. Однако в евклидовом пространстве есть группа наблюдателей, от каждого из которых коллинеарные объекты 0, 1 и 2 удаляются прямолинейно и равномерно. Эту группу, формально привязанную к сфере, выделим геометрически, зная, что пространство Евклида с его точками, линиями и поверхностями по сути антропоморфно.

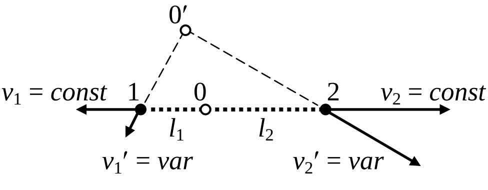

Рис. 8.

Пусть в момент t частицы 1 и 2 оказываются от стартовой позиции 0 на расстояниях $l_1 = v_1t$ и $l_2 = v_2t$ соответственно (*см. рис.* 8). Однако аддитивное сочетание $l_1 + l_2 = L$ коллинеарных пробегов нельзя считать безусловным. Более того, принцип “третьего лишнего” не распространяется на геометрические измерения. А проблема принадлежности точки 0, общей для отрезков l_1 и l_2, ставит под сомнение их арифметизацию.

Допустим, что $\frac{l_1 + l_2}{2} = 1\ [\mathrm{L}]$. Тогда при $l_1 \equiv 1$ и $l_2 \equiv 1$ пункт 0 должен быть серединой дистанции $L \equiv 2$. А принимая его началом числовой оси, надо признать, что отрезок $\bar{l}_1$ начинается точкой $-\dot{1}$ и заканчивается нулем $\dot{0}$. То есть, $\bar{l}_1 \subseteq [-\dot{1}, \dot{0}]$. И при этом $\bar{l}_2 \subseteq [\dot{0}, +\dot{1}]$. Но в таком случае $[\bar{l}_1 + \bar{l}_2] > 2$, так как точка-число $\dot{0}$ входит в сумму коллинеарных пробегов l_1 и l_2 дважды. Если же $\bar{l}_1 \subseteq [-\dot{1}, \dot{0})$ и $\bar{l}_2 \subseteq (\dot{0}, +\dot{1}]$, то $[\bar{l}_1 + \bar{l}_2] < 2$, поскольку точка $\dot{0}$ исключена из отрезка $L \equiv 2$. А когда $\bar{l}_1 \subseteq [-\dot{1}, \dot{0}]$ и $\bar{l}_2 \subseteq (\dot{0}, +\dot{1}]$ или, наоборот, $\bar{l}_1 \subseteq [-\dot{1}, \dot{0})$ и $\bar{l}_2 \subseteq [\dot{0}, +\dot{1}]$, то $[\bar{l}_1 + \bar{l}_2] = 2$. Но при этом $\bar{l}_1 \neq \bar{l}_2$. Более того, в данном случае геометро-числовые образы l_1 и l_2 вообще нельзя складывать из-за семантического различия. Ведь один из них является отрезком, а другой полуинтервалом.

Как видно, дихотомия (деление пополам) континуальной конструкции $L \equiv 2$ сталкивается с проблемой аддитивности выделяемых фрагментов. И эта же проблема свойственна диарезису отрезка L произвольной длины, то есть его делению на неравные части l_1 и l_2. И той же проблемой заканчивается попытка фрагментации континуального времени t.

Таким образом, аксиома непрерывности, принятая в геометрии и базовая для хронометрии, препятствует числовому представлению протяженностей и продолжительностей. И получается, что арифметизация пространства и времени носит условный, то есть аксиоматический характер.

В итоге аддитивное правило $l_1 + l_2 = L$ оказывается не строгим, как и хроно-геометрический закон $\frac{L}{t} = \frac{l_1}{t} + \frac{l_2}{t}$. Но скалярная форма $\mathrm{V} = v_1 + v_2$ в рамках постулата о "третьем лишнем", когда $\frac{\mathrm{V}}{2} \equiv 1$, справедлива не только для коллинеарных точек 0, 1 и 2. Убедимся в этом.

Геометро-арифметическое пространство с единственной точкой 0, общей для коллинеарных отрезков $l_1 = v_1 t$ и $l_2 = v_2 t$, разделим надвое плоскостью, нормальной к интервалу $L = l_1 + l_2$ и включающей пункт 0. (*Рис.* 9.)

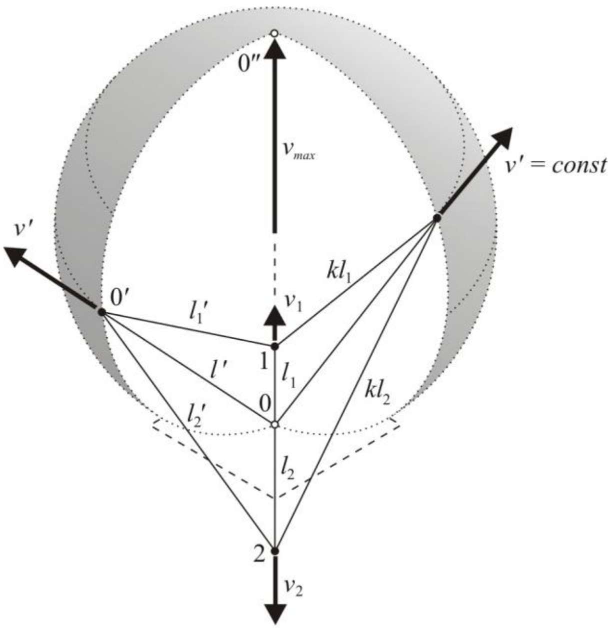

Рис. 9.

Далее условно арифметизируем пробеги l_1 и l_2, для чего воспользуемся их полусуммой $l = \frac{l_1 + l_2}{2} \cong 1$ [L] как масштабом. В результате $L = 2l \equiv 2$ [L].

Теперь введем объект $0'$, покинувший пункт 0 со скоростью v' одновременно с частицами 1 и 2. Тогда в момент $t = T = 1$ [T] точка $0'$ окажется от пункта 0 на расстоянии $l' = v'T$ (*см. рис.* 9). При этом наблюдатель, связанный с частицей $0'$, будет видеть объекты 1 и 2 удаляющимися от него со скоростями v_1' и v_2', переменными по величине и по направлению кроме особого случая, когда расстояния $l_1' = v_1't$ и $l_2' = v_2't$ до них независимо от t удовлетворяют пропорции $\frac{l_1'}{l_2'} = \frac{l_1}{l_2}$, равной особому числу $Z = \frac{v_1}{v_2} = \frac{v_1'}{v_2'}$ с точностью до хроно-геометрического определения понятия скорости.

Заметим, что условие $Z \in (1,0)$ делает пространство с начальным пунктом 0 неизотропным, так как там выделено направление скорости v_1. Более того, полупространство, где $v_1 \in (1,0)$ в долях скорости $v_2 > v_1$, оказывается неоднородным в том смысле, что скорость $v' = \frac{l'}{t}$ зависит от направления, в котором наблюдатель $0'$ удаляется от стартовой позиции 0. Докажем это.

Равенство $\frac{l_1}{l_2} = \frac{l_1'}{l_2'}$ представим как $\frac{l_1}{l_2} = \frac{kl_1}{kl_2}$, где $k > 1$ – коэффициент подобия пробегов $l_1 = v_1t$, $l_2 = v_2t$ и переменных дистанций l_1', l_2'. При этом компланарные перемещения $l_1' = v_1't$ и $l_2' = v_2't$ независимо от времени образуют угол φ с вершиной $0'$ (*см. рис.* 9), биссектриса $0'0$ которого в фиксированный момент $t = T = 1$ [T] имеет длину $l' = 2k\frac{l_1 l_2}{l_1 + l_2} Cos\frac{\varphi}{2}$. А это значит, что скорость $v' = \frac{l'}{t}$ частицы $0'$ относительно пункта 0 зависит от числа k, влияющего не только на ее величину, но и на ее направление, то есть на угол φ между пробегами l_1' и l_2'. Под этим углом движущийся наблюдатель $0'$ видит переменное расстояние $L = l_1 + l_2$ между частицами 1 и 2, относительная скорость V = *const* которых по принципу “третьего лишнего” равняется 2 [V]. Ведь постоянный угол φ, такой, что $0 \le \varphi \le \pi$, связан с числом k условием $\left[1 - \frac{4l_1l_2}{(l_1+l_2)^2} Cos^2\frac{\varphi}{2}\right]^{-1} = k^2$. Причем $k = \frac{l_1 + l_2}{l_2 - l_1}$, когда $\varphi = 0$, и $k = 1$ при $\varphi = \pi$.

Таким образом, значение $\varphi \in (\pi,0)$ определяет подвижного наблюдателя $0'$, от которого точки 0, 1 и 2 удаляются с инерционными скоростями $v' = \frac{l'}{t}$, $v_1' = \frac{kl_1}{t}$ и $v_2' = \frac{kl_2}{t}$ так, что расширяющийся интервал 12 транслируется, то есть перемещается параллельно самому себе. При этом совокупность наблюдателей, стартовавших из пункта 0 одновременно с частицами 1 и 2 и пребывающих с ними в инерционной связи ($v_1' = const$ и $v_2' = const$), принадлежит сфере, радиус r которой при $t = T \equiv 1$ определен условием $\frac{1}{r} = \frac{1}{l_1} - \frac{1}{l_2}$, где $l_1 = v_1 t$, $l_1 = v_2 t$ и $v_1 < v_2$. Причем диаметр $d = 2r$ данной сферы, коллинеарный базовому отрезку $L = l_1 + l_2$, своей величиной $\frac{l_1 l_2}{l_2 - l_1}$ определяет точечного наблюдателя 0″ (*см. рис.* 9), скорость $\frac{d}{T} = v_{max}$ которого относительно полюса 0 максимальна по сравнению со скоростями $v' = \frac{l'}{t}$ других наблюдателей. Более того, четыре точки 0″, 1, 0 и 2, будучи концами состыкованных отрезков 0″1, 10 и 02, связаны двойным (проективным) отношением $\frac{0''0}{01} : \frac{0''2}{21} = 2$.

И, наконец, самое главное – для “сферических” наблюдателей 0, 0′ и 0″ относительная скорость V = *const* взаимно разбегающихся частиц 1 и 2 одинакова и равна 2 [V].

В самом деле, аддитивное сочетание $v_1' + v_2'$ инерционных скоростей $v_1' = kv_1$ и $v_2' = kv_2$ при $1 < k < \frac{l_1 + l_2}{l_2 - l_1}$ принимает вид α + A = 2, если $\frac{v_1' + v_2'}{2} \equiv 1$. Но тот же вид имеет закон $v_1 + v_2 = \mathrm{V}$ при $\frac{\mathrm{V}}{2} \equiv 1$. То есть, круг инерциальных наблюдателей, для которых относительная скорость V = = *const* объектов 1 и 2 равна 2 [V], задан условием синхронного с ними старта из точки 0 и утвержден метрологическим постулатом о “третьем лишнем”. И выходит, что не все движения “по инерции” отвечают инвариантности V ≡ 2. Но все подвижные наблюдатели в евклидовом пространстве, для которых V ≡ 2, объединены скалярной формой 2 = A + α деления особого числа 2 на контрсимметричные части α = 1 – Δ и A = 1 + Δ, такие, что $\frac{\alpha}{\mathrm{A}} = Z$, где Z – число-отношение, связанное с числом-отклонением $\Delta = \frac{\mathrm{A} - \alpha}{2}$ гиперинверсией $\Delta = \frac{1 - Z}{1 + Z}$.

Таким образом, шесть скаляров 1, Δ, α, A, Z, 2 = (1 + Δ)(1 + Z) = A + α, таких, что α ∈ [1,0), A ∈ [1,2), Z ∈ [1,0) и Δ ∈ [0,1), образуют секстет

♦1\Δ\α\A\Z\2♦, члены которого, гармонизированные контрсимметрией и гиперинверсией, имеют смысл и размерность скорости. Но при этом наблюдатели 0, 0′ и 0″, инерциальные по отношению к частицам 1 и 2, не являются евклидовыми.

И действительно, если пробеги l_1 и l_2 однорожденных частиц 1 и 2 коллинеарны и условно аддитивны ($l_1 + l_2 = L$), то их компланарные перемещения l_1' и l_2' от удаляющегося наблюдателя 0′ в сумме больше L. Однако выражения $l_1 + l_2$ и $l_1' + l_2'$ после деления на t дают относительную скорость V ≡ 2 объектов 1 и 2 (не зависящую от масштабов длины и длительности, а также от мнения выделенного наблюдателя 0′), если равенства $v_1 + v_2 = \mathrm{V}$ и $v_1' + v_2' = \mathrm{V}'$ пронормировать по принципу “третьего лишнего”. Но в таком случае вырожденный Δ012 арифметически эквивалентен плоской фигуре 0′12 с углом φ при вершине 0′ (*см. рис.* 9). И получается, что формально $l_1'+l_2' = L$, хотя при этом интервал $L = l_1 + l_2$, как основание плоского Δ0′12, выглядит суммой его сторон $l_1' = kl_1$ и $l_2' = kl_2$. А такая метрика давно известна и свойственна одной из неевклидовых геометрий Кели-Клейна [7].

Тем не менее, неизотропное и неоднородное пространство, где за движущимися объектами 1 и 2 следят инерциальные наблюдатели 0, 0′ и 0″, можно вообще лишить геометрии, принимая скорость мероопределением всех дистанций и соблюдая одно условие – требуется, чтобы все точки данного пространства, объединенные кинематической метрикой 2 = A + α, в какой-то момент времени были в одном месте одновременно. Хотя хронометрия, как и геометрия, в описании относительной кинематики методом арифмометрической триангуляции оказывается излишней. Более того, в рамках метрологического постулата о “третьем лишнем” единичная скорость не является единственной мерой движений “по инерции”.

Двойственность скорости продемонстрируем геометро-кинематическими построениями, способствующими определению инерционной квадроскорости как понятия, нового для механики и для теоретической физики.

Допустим, что частицы 1 и 2 синхронно покидают пункт 0 с противонаправленными скоростями $v_1 = const$ и $v_2 = const$. И пусть с теми же скоростями противоположно друг другу из пункта 0 стартуют объекты 1* и 2*, но при этом “быстрая” точка 2* немного задерживается. (*Рис.* 10.) В таком случае обязателен момент, когда частицы 1* и 2* окажутся от стартовой позиции 0 на одинаковых расстояниях, равных l*, а объекты 1 и 2 удалятся от нее на дистанции $l_1 = l^*$ и l_2, такие, что $\dfrac{l_1}{l_2} = \dfrac{v_1}{v_2}$. При этом ось, соединяющая точки 1 и 1*, перемещается параллельно самой себе, а переменный интервал 22* транслируется в плоскости с поворотом.

Казалось бы, относительная скорость V = *const* разлетающихся частиц 1 и 2 равна относительной скорости V* = *const* объектов 1* и 2*. То есть, для коллинеарных триплетов 102 и 1*02* очевидным выглядит равенство V = v_1 + v_2 = V*. Однако данные триплеты, сходные кинематически, различаются геометрически. И эту разницу легко формализовать математически, принимая позиции l_1, l_2 и l* объектов 1, 2 и 1*, 2* стартовыми.

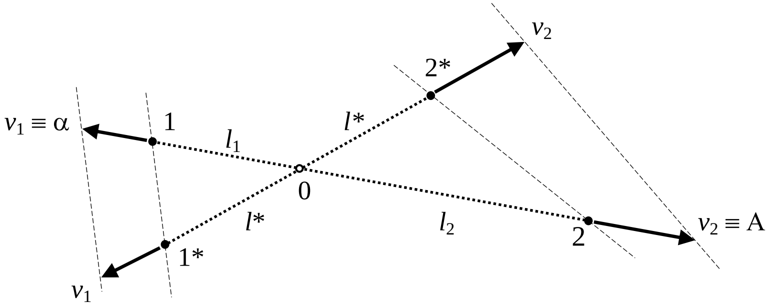

Рис. 10.

Ясно, что переменные координаты $l_1(t) = l_1 + v_1t$ и $l_2(t) = l_2 + v_2t$ движущихся частиц 1 и 2 таковы, что $\dfrac{l_1(t)}{l_2(t)} = const$. Напротив, расстояния $l_1{*}(t)$ = $= l{*} + v_1t$ и $l_2{*}(t) = l{*} + v_2t$ от точек 1* и 2* до полюса 0 со временем растут так, что $\dfrac{l_1{*}(t)}{l_2{*}(t)} = var$. И получается, что дублеты 1•2 и 1*•2* с относительными скоростями V и V*, такими, что V = V* = v_1 + v_2, вовлечены в разные геометро-кинематические процессы. А в основе этой разницы лежат синхронность исхода точек 1 и 2 из пункта 0 с одной стороны и неодновременный старт из него объектов 1* и 2* с другой. При этом триплет 1•0•2 формализуется скалярным секстетом ♦1\Δ\α\A\Z\2♦, а кинематический треугольник 1*•0•2* не подчиняется векторному формализму классической теории движений. То есть, когда ненулевой угол 1*02* не равен π геометрическое сложение скоростей v_1 и v_2 движущихся точек 1* и 2* не дает их относительной скорости, переменной по величине и по направлению с силу трансляции интервала 1*2* с поворотом.

Математически ничего не изменится, если стартовую позицию 0 раздвоить, а объекты 1, 1* и 2, 2*, характеризуемые скоростями v_1 = *const* и v_2 = *const* соответственно, соединить попарно и рассматривать взаимное сближение частиц 1 и 2 со скоростью V = *const* из начального положения, когда точка 0 делит расстояние между ними на условно аддитивные части

l_1 и l_2, а пункт 0* в момент $t = 0$ находится посередине дистанции $l_1 + l_2$ на расстоянии $l = \frac{l_1 + l_2}{2}$ от каждого из ее концов. (*Рис*. 11.) В таком случае скорости v_1 и v_2 можно сравнить и равнодлительно ($v_1 = \frac{l_1}{t}$ и $v_2 = \frac{l_2}{t}$), то есть по времени t, и равнодлинно, как $v_1 = \frac{l}{t_1}$ и $v_2 = \frac{l}{t_2}$, то есть по периодам t_1 и t_2, затрачиваемым объектами 1 и 2 на преодоление дистанции l. А это значит, что величины v_1 и v_2 двойственны по определению хроно-геометрическим способом.

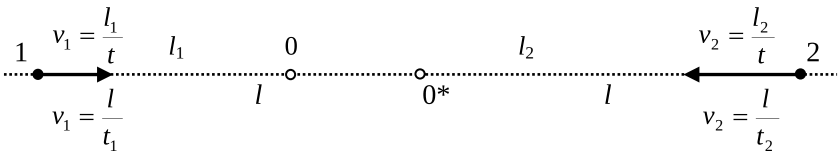

Рис. 11.

Понятно, что позицию 0* частицы 1 и 2 минуют порознь через время $\Delta t = t_1 - t_2$, а в пункте 0 оказываются синхронно. И очевидно, что относительно полюса 0 действует правило $\frac{l_1 - v_1 t}{l_2 - v_2 t} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{v_1}{v_2} = const$, а относительно пункта 0* действителен дробно-линейный закон $\frac{l - v_1 t}{l - v_2 t} = var$.

Пусть время, разделяющее старт и встречу частиц 1 и 2 в пункте 0, равняется T. Тогда в момент $\frac{T}{2}$ эти частицы будут от пункта 0* на расстояниях l_1* и l_2*, таких, что $\frac{l_1^*}{l_2^*} = \frac{l_2}{l_1}$. (*Рис*. 12.) Ясно, что через период ΔT после этого “быстрая” частица 2, сместившись на расстояние $l_2^* = \Delta l_2$, окажется в точке 0*, а частица 1 за время ΔT совершит пробег $\Delta l_1 = v_1 \Delta T$. Отсюда $v_1 = \frac{\Delta l_1}{\Delta T}$ и $v_2 = \frac{\Delta l_2}{\Delta T}$. И в результате правило $v_1 + v_2 = \mathrm{V}$, где $\mathrm{V} = \frac{2l}{T}$, получит хроно-геометрические представления 1) $\frac{l_1}{T} + \frac{l_2}{T} = \frac{2l}{T}$ и 2) $\frac{\Delta l_1}{\Delta T} + \frac{\Delta l_2}{\Delta T} = \frac{2l}{T}$, пропорциональные с коэффициентом, равным единице.

Примем $l \equiv 1$ и $T \equiv 1$. В таком случае из (1) следует $\alpha + \mathrm{A} = 2$. Тем самым хроно-геометрические определения аддитивных величин v_1 и v_2 заменены их арифмометрическими оценками по отношению к особой единице $1^1 \equiv \frac{v_1 + v_2}{2}$ с размерностью скорости. Однако в рассматриваемом случае масштаб 1^1 [V] не является единственно возможным.

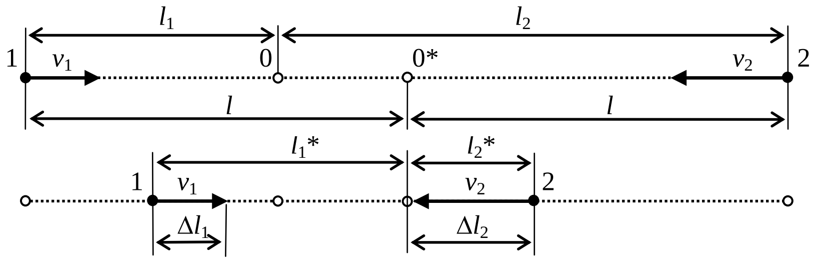

Рис. 12.

Равенство (2) поделим на $\frac{l_1^*}{\Delta T} = v^*$ и получим $\frac{\Delta l_1}{l_1^*} + \frac{\Delta l_2}{l_1^*} = \frac{\mathrm{V}}{v^*}$, где $\mathrm{V} \equiv$ $\equiv 2$ из-за $l \equiv 1$ и $T \equiv 1$. А поскольку $\frac{\Delta l_1}{\Delta l_2} = \frac{v_1}{v_2}$ и $\frac{\Delta l_2}{l_1^*} = \frac{v_1}{v_2}$, то отсюда

2*) $\left(\frac{\alpha^2}{\mathrm{A}^2} + \frac{\alpha}{\mathrm{A}}\right) v^* = 2$, где $\alpha \in [1,0)$ и $\mathrm{A} \in [1,2)$ – арифмометрические значения скоростей v_1 и v_2. Но так как $v^* = \frac{\mathrm{A}^2}{\alpha}$ и, значит, $\mathrm{A}^2 = \alpha v^*$, то скорость $v_2 \equiv \mathrm{A}$ оказывается средним геометрическим величин $v_1 \equiv \alpha$ и v^*. Причем $v^* \equiv 1$, когда $v_1 = v_2 = \frac{\mathrm{V}}{2} \equiv 1^1$, и $v^* \to \infty$, если $v_1 \equiv \alpha \to 0$ в случае $v_2 \equiv \mathrm{A} \to 2$.

Заметим, что из (2*) при $v_1 \equiv \alpha = 0$ и $v_2 \equiv \mathrm{A} = 2$ выходит $(0 + 0)\infty = 2$. Но это требует, чтобы $0 \cdot \infty = 1$ или $0 = \frac{1}{\infty}$. Более того, сингулярной единице надо присвоить вторую степень, поскольку из $v_1 v^* = v_2^2$ при $v_1 \equiv 0$ и $v^* \equiv \infty$ должно быть $0 \cdot \infty = 1^2$.

Как видно, относительная скорость $\mathrm{V} = const$ взаимно сближающихся частиц 1 и 2 имеет два арифмометрических представления: продиктованную выбором $\frac{v_1 + v_2}{2} \equiv 1^1$ величину $1^1 + 1^1 = 2'$ и значение $2^* = 1^2 + 1^2$. Но при этом масштабы 1^1 и 1^2 не могут быть эквивалентными ни формально, ни физически. Ведь первый составляет половину от $V \equiv 2 \cdot 1^1$ и удовлетворяет условию $v_1 v^* = v_2^2$ при $v_1 \equiv 1^1$ и $v^* \equiv 1^1$, а второй получается из $v_1 v^* = v_2^2$ в предельной ситуации $v_1 \equiv 0$ и $v^* \equiv \infty$, предполагающей $v_2 = V$, и как бы выражает скорость V.

Очевидно, что арифметическая двойственность скорости $V = const$, когда с одной стороны $V \equiv 2 \cdot 1^1$, а с другой $V \equiv 1^2$, сопряжена с хроно-геометрической оценкой величин v_1, v_2 и v^*. При этом с точки зрения арифмометрии, в основание которой положен метрологический принцип “третьего лишнего”, единичный морфизм 1^2 определяет множество инерционных квадроскоростей. А это значит, что относительное движение частиц 1 и 2, сближающихся или разлетающихся с относительной скоростью $V = const$, можно оценить квадроскоростью 2*, дихотомия (деление пополам) которой дает $2^* = 1^2 + 1^2$, а диарезис отображается скалярной формой $2^* = \Gamma + \gamma$ с контрсимметричными слагаемыми $\gamma = 1 - \Delta$ и $\Gamma = 1 + \Delta$, тождественными аддитивным скоростям $v_1 \equiv \alpha = 1 - \Delta$ и $v_1 \equiv A = 1 + \Delta$ численно, но не эквивалентными им по ряду геометро-арифметических признаков (*см. выше*).

Остается отметить, что скорость 1^1 и квадроскорость 1^2 различаются также, как единичный импульс mv отличается от единичной энергии $\frac{mv^2}{2}$.

Теплота без энергии.

Продолжим презентацию математических свидетельств артефактного характера базовых понятий классической физики и ее основных законов.

Как показывают опыты, теплота и работа способны изменить геометрию твердого тела. Например, стержень протяженностью L можно растянуть на ΔL силой, определяемой по закону $F = k \cdot \Delta L$, где $k = \frac{EA}{L}$ – коэффициент Гука, учитывающий модуль упругости E материала и геометрические данные деформируемого образца, включая площадь A поперечного сечения. (*Рис.* 13.)

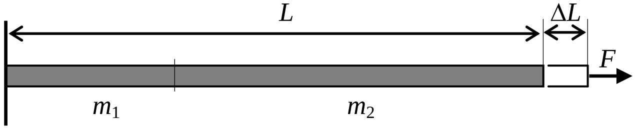

Рис. 13.

Но тот же результат получается нагреванием стержневой массы m = $= \rho LA$ на $\Delta T^{\circ} = \dfrac{\Delta L}{\alpha L}$ градусов, для чего требуется Q = $mc\Delta T^{\circ}$ единиц тепловой энергии. Здесь α – коэффициент линейного расширения материала, а ρ и c – его плотность и удельная теплоемкость соответственно. При этом стержень m, растянутый силой F, аккумулирует потенциальную энергию $|\mathrm{U}| = \dfrac{k(\Delta L)^2}{2}$, квадратично зависящую от удлинения ΔL. Напротив, теплота $\mathrm{Q} = mc\dfrac{\Delta L}{\alpha L}$ зависит от ΔL линейно. Поэтому в данном случае нельзя говорить об эквивалентности теплоты и работы, которые вызвали бы равные изменения протяженности стержневого тела m.

Тем не менее, мысленно рассечем образец m, растянутый силой F, на части m_1 и m_2 каким-нибудь поперечным сечением. При этом следует ожидать деления его упругой энергии $|\mathrm{U}|$ на аддитивные доли $|\mathrm{U}_1|$ и $|\mathrm{U}_2|$, такие, что $\dfrac{|\mathrm{U}_1|}{|\mathrm{U}_2|} = \dfrac{m_1}{m_2}$. Казалось бы, таким же образом можно разделить теплоту Q, не сомневаясь, что Q = $\mathrm{Q}_1 + \mathrm{Q}_2$, где $\dfrac{\mathrm{Q}_1}{\mathrm{Q}_2} = \dfrac{m_1}{m_2}$. Но давайте немного изменим конфигурацию тела $m = m_1 + m_2$ и представим аддитивные массы m_1 и m_2 равными по длине l стержнями, соединенными в ступенчатый образец протяженностью $L = l + l$. (*Рис*. 14.)

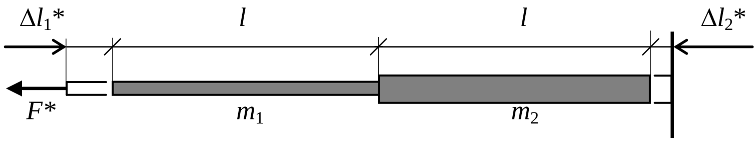

Рис. 14.

Пусть удлинение ΔL составной стержень m получает при растяжении силой F^*. Тогда упругие энергии $|\mathrm{U}_1^*| = \dfrac{k_1^*(\Delta l_1^*)^2}{2}$ и $|\mathrm{U}_2^*| = \dfrac{k_2^*(\Delta l_2^*)^2}{2}$ его частей $m_1 = \rho l A_1$ и $m_2 = \rho l A_2$ будут такими, что $\dfrac{|\mathrm{U}_1^*|}{|\mathrm{U}_2^*|} = \dfrac{m_2}{m_1}$, поскольку $k_1^* = \dfrac{EA_1}{l}$ и $k_2^* = \dfrac{EA_2}{l}$, где A_1 и A_2 – площади поперечных сечений тел m_1

и m_2. Но удлинения Δl_1^* и Δl_2^*, вызываемые силой $F^* = k_1^* \cdot \Delta l_1^* = k_2^* \cdot \Delta l_2^*$, можно получить нагреванием масс m_1 и m_2 на $\Delta T_1^\circ = \dfrac{\Delta l_1^*}{\alpha l}$ и $\Delta T_2^\circ = \dfrac{\Delta l_2^*}{\alpha l}$ соответственно, сообщая им количества $Q_1^* = m_1 c \Delta T_1^\circ$ и $Q_2^* = m_2 c \Delta T_2^\circ$ теплоты. А поскольку $m_1 = \rho l A_1$ и $m_2 = \rho l A_2$, где $\dfrac{A_1}{A_2} = \dfrac{m_1}{m_2} = \dfrac{\Delta l_2^*}{\Delta l_1^*}$, то $Q_1 = Q_2$.

Как видно, работа (потенциальная энергия) и теплота, одинаково изменяющие протяженность ступенчатого стержня m, распределяются между его частями m_1 и m_2 по-разному. И этот энерго-геометрический парадокс явно свидетельствует об артефактном характере количественного моделирования физических явлений, осуществляемого на основе антропоморфных понятий силы и энергии.

А теперь посмотрим на продольное растяжение или сжатие упругих стержней, равных по массе, как на процессы, когда их крайние сечения расходятся иди сближаются с относительной скоростью V = *const*.

Пусть гладкий стержень $M = \rho LA$ получает упругое приращение ΔL к своей первоначальной длине L за время ΔT. В таком случае можно говорить об относительной скорости $V = \dfrac{\Delta L}{\Delta T}$ его торцов 1 и 2, которые при этом удаляются от промежуточного сечения 0 со скоростями v_1 и v_2, такими, что $\dfrac{v_1}{v_2} = \dfrac{m_1}{m_2} = \dfrac{l_1}{l_2}$, где $m_1 = \rho l_1 A$ и $m_2 = \rho l_2 A$ – доли количества M, разделенного на части длиной l_1 и l_2. (*Рис*. 15.)

Рис. 15.

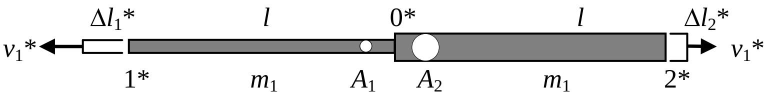

Рис. 16.

И действительно, массы m_1 и m_2 в составе тела $M = m_1 + m_2$ за время ΔT получают приращения Δl_1 и Δl_2, такие, что $\dfrac{\Delta l_1}{\Delta l_2} = \dfrac{l_1}{l_2}$ И если условное равенство $\Delta l_1 + \Delta l_2 = \Delta L$, пропорциональное тождеству $l_1 + l_2 = L$, поделить на ΔT, то получится закон $v_1 + v_2 = \mathrm{V}$, слагаемые которого при $\frac{v_1 + v_2}{2} = 1^1\,[\mathrm{V}]$ представлены числами $\alpha \in [1,0)$ и $\mathrm{A} \in [1,2)$ с размерностью скорости.

Заметим, что равенство $m_1 + m_2 = \mathrm{M}$ и правило $v_1 + v_2 = \mathrm{V}$ можно обобщить скалярной формой $\alpha + \mathrm{A} = 2$, к тому же означающей деление длины L стержня M на условно аддитивные части l_1 и l_2, растянутые на Δl_1 и Δl_2 соответственно. При этом отношение $\frac{l_1 + \Delta l_1}{l_2 + \Delta l_2}$ с переменными величинами $\Delta l_1 = v_1\Delta T$ и $\Delta l_2 = v_2\Delta T$ не зависит от времени и равняется числу $Z = \frac{m_1}{m_2} = \frac{v_1}{v_2}$, такому, что $Z = \frac{\alpha}{\mathrm{A}} = \frac{1-\Delta}{1+\Delta} \in [1,0)$, где скаляр $\Delta \in [0,1)$ выражает отклонение чисел $\alpha \in [1,0)$ и $\mathrm{A} \in [1,2)$ от единицы, имеющей двойную размерность – и массы [M] и скорости [V].

Как видно, эласто-кинематический процесс, наблюдаемый на упругом теле M, моделируется секстетом $\blacklozenge 1\backslash\Delta\backslash\alpha\backslash\mathrm{A}\backslash Z\backslash 2\blacklozenge$, элементы $1 = \frac{\alpha + \mathrm{A}}{2}$, $\Delta = \frac{\mathrm{A} - \alpha}{2}$, $\alpha = 1 - \Delta$, $\mathrm{A} = 1 + \Delta$, $Z = \frac{\alpha}{\mathrm{A}}$, и $2 = \alpha + \mathrm{A} = (1 + \Delta)(1 + Z)$ которого взаимно детерминированы алгебраически, принадлежат к множеству от 0 до 2 и имеют две размерности – [M] и [V]. Тем самым массы m_1, m_2 и скорости v_1, v_2, такие, что $m_1 + m_2 = \mathrm{M}$ и $v_1 + v_2 = \mathrm{V}$, при условии $\frac{\mathrm{M}}{2} \equiv 1$ и $\frac{\mathrm{V}}{2} \equiv 1^1$, понимаемом как принцип “третьего лишнего” (*см. выше*), прямо связаны парными скалярами $\alpha \in [1,0)$ и $\mathrm{A} \in [1,2)$.

Теперь обратимся к ступенчатой массе M, доли $m_1 = \rho l A_1$ и $m_2 = \rho l A_2$ которой являются стержнями одинаковой длины $l = \frac{l_1 + l_2}{2}$, отличающимися площадями A_1 и A_2 поперечных сечений так, что $\frac{A_1 + A_2}{2} = A$. Тогда при увеличении на ΔL исходной протяженности $L = 2l$ ступенчатого тела $\mathrm{M} = m_1 + m_2$ его части, изначально равнодлинные, получат приращения $\Delta l_1{}^*$ и $\Delta l_2{}^*$, такие, что $\frac{\Delta l_2{}^*}{\Delta l_1{}^*} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{A_1}{A_2}$. (*Рис.* 16.) И если удлинения $\Delta l_1{}^*$ и $\Delta l_2{}^*$

возникли за период ΔT, то скорости $\frac{\Delta l_1*}{\Delta T} = v_1*$ и $\frac{\Delta l_2*}{\Delta T} = v_2*$ равномерного удаления концов 1* и 2* составного стержня от серединного (на момент t = = 0) сечения 0* в сумме равны их относительной скорости $\mathrm{V} = \frac{\Delta L}{\Delta T}$.

Заметим, что правило $m_1 + m_2 = \mathrm{M}$ и закон $v_1* + v_2* = \mathrm{V}$ при $\frac{\mathrm{M}}{2} = 1\,[\mathrm{M}]$ и $\frac{\mathrm{V}}{2} = 1\,[\mathrm{V}]$ обобщает скалярная форма $\gamma + \Gamma = 2*$, слагаемые $\gamma \in [1,0)$ и $\Gamma \in [1,2)$ которой обозначают взаимосвязанные количества $m_1 \equiv \gamma$, $m_2 \equiv \Gamma$ и аддитивные скорости $v_1* \equiv \Gamma$, $v_2* \equiv \gamma$, вычисленные по отношению к их средним арифметическим, единичным по определению. Такой математический прием выше назван принципом “третьего лишнего” и является базовым для нестандартной метрологии масс и скоростей. Но если массы и скорости в тождестве $\alpha + \mathrm{A} = 2$, моделирующем эласто-кинематику однородного стержня, прямо пропорциональны ($\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{l_1}{l_2}$) и прокоммутативны, то равенство $\gamma + \Gamma = 2*$ предполагает их контркоммутативность и обратную пропорциональность: $\frac{v_2*}{v_1*} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{A_1}{A_2}$. При этом прокоммутативными будут тождества $m_1 + m_2 = \mathrm{M}$ и $v_2* + v_1* = \mathrm{V}$, численно одинаковые при $\frac{\mathrm{M}}{2} \equiv 1$ и $\frac{\mathrm{V}}{2} \equiv 1$, но отличающиеся расстановкой индексов.

Таким образом, есть шесть чисел (1, Δ, γ, Γ, Z и 2), таких, что $1 = \frac{\gamma + \Gamma}{2}$, $\Delta = \frac{\Gamma - \gamma}{2}$, $\gamma = 1 - \Delta$, $\Gamma = 1 + \Delta$, $Z = \frac{\gamma}{\Gamma}$, и $2 = \gamma + \Gamma = (1 + \Delta)(1 + Z)$, принадлежащих скалярному множеству от 0 до 2. И эти числа моделируют многообразие движений с аддитивными скоростями v_1* и v_2*, отношение $Z = \frac{v_2*}{v_1*} \in [1,0)$ которых будет числом второй степени. Ведь $\frac{v_2*}{v_1*} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{A_1}{A_2}$, где A_1 и A_2 – площади.

Теперь особо отметим, что процесс упругого растяжения-сжатия составного стержня М отображает дробно-линейная (гиперболическая) функция $\frac{l \pm \Delta l_1*}{l \pm \Delta l_2*} = var$, где удлинения $\Delta l_1* = v_1*\Delta T$ и $\Delta l_2* = v_2*\Delta T$ зависят от времени ΔT. При этом $v_1{}^* = v_2$ и $v_2{}^* = v_1$, где числа-скорости $v_1 \equiv \alpha \in [1,0)$ и $v_2 \equiv \mathrm{A} \in [1,2)$ имеют первую степень по отношению к масштабу длины, так как $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{l_1}{l_2}$ (*см. выше*).

Очевидно, что числовые модели эласто-кинематических процессов, наблюдаемых на массивных стержнях – однородном и ступенчатом, служат геометро-алгебраическим обоснованием высказанного выше предположения о квадроскорости 1^2 как меры движения “по инерции”, новой для классической механики и для теоретической физики.

Траектория без геометрии.

Покажем, что секстеты ♦$1\backslash\Delta\backslash\beta\backslash\mathrm{B}\backslash Z\backslash 2$♦ и ♦$1\backslash\Delta\backslash\gamma\backslash\Gamma\backslash Z\backslash 2$♦, гармонизированные гиперинверсией и контрсимметрией, являются приемлемыми решениями первых задач теории тяготения, основанной на принципе дальнодействия гравитации в формулировке И. Кеплера (*см. выше*).

Как установил Г. Галилей, в свободном падении вниз по вертикали скорость падающего предмета не зависит от его массы и со временем t растет так, что $v = gt$. А позднее выяснили, что она является двойственной, поскольку возрастает пропорционально пройденному пути h по закону $\frac{v^2}{2} = gh$. И если началом отсчета времени принять момент, когда изменяющаяся скорость достигла величины v_0, то хроно-геометрическое уравнение равноускоренного движения по прямой примет вид $y(t) = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$, где $v_0 = const$ и $g = const$. Здесь g – гравитационное ускорение в узком слое над поверхностью Земли, толщину которого ограничим высотой h.

Пусть $h = \frac{gT^2}{2} \equiv 1$, где $T^2 = \frac{2h}{g} \equiv 1$. Тогда численно $g \equiv 2$. Пусть при этом полет пробной частицы m начинается параллельно земной поверхности из вершины баллистической параболы Π_0 со скоростью $v_0 = \frac{d}{T}$, где $d \equiv 1$ – ее горизонтальное перемещение за единичное время T. Тогда $v_0 \equiv 1$.

Таким образом, невидимая кривая Π_0 оказывается суперпозиций двух равномерных движений: со скоростью $v_0 = const$ на горизонт и с ускорением (или замедлением) $g = const$ вниз (или вверх) по вертикали. И что характерно: масса, свободно падающая по кривой, в полете невесома.

В арку параболы $П_0(v_0,g)$ впишем равнобедренный ΔABC, вершина C которого совпадает с началом 0 декартовой системы координат $S(x,y)$ с осью абсцисс, направленной на горизонт и с осью ординат ориентированной вниз по геовертикали. (*Рис.* 17.) Далее для объективности отождествим вершины треугольной фигуры ABC с материальными точками m_A, m_B и m_C, согласованный полет которых кинематически и геометрически детерминирован местной локально-однородной гравитацией, не связанной с понятием ньютоновой силы тяготения. Поэтому наблюдаемое движение по данной кривой будем считать инерциальным.

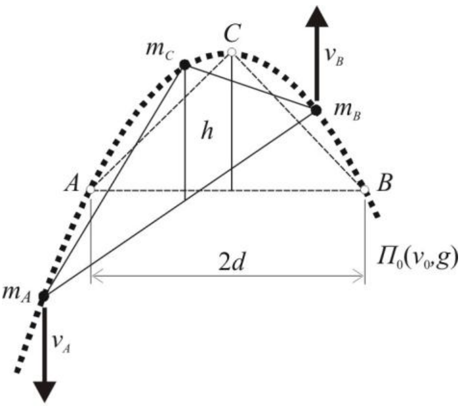

Рис. 17.

Итак, медиана h, сопровождающая среднюю частицу m_C наподобие вектора силы, и горизонтальная проекция $2d$ переменного основания m_Am_B “массивного” $\Delta m_Am_Bm_C$ входят в оценку величин v_0 и g классическим способом. То есть, $v_0 = \dfrac{2d}{2T}$ и $g = \dfrac{2h}{T^2}$, где T – время, нужное точке m_C, чтобы, отправившись в момент $t \equiv 0$ из вершины C кривой $П_0$, через период T занять на ней пункт A. И если $T = 1$ [T] и $h = d = 1$ [L], то хроно-геометрически $v_0 \equiv 1$ и $g \equiv 2$.

Ясно, что в декартовых координатах $S(x,y)$ с началом в вершине C параболы $П_0(v_0,g)$ ее уравнение имеет вид $y = x^2$, поскольку вписанный в нее прямоугольный равнобедренный ΔABC зафиксирован тремя точками: $A(1,1)$, $B(-1,1)$ и $C(0,0)$. При этом $\Delta m_Am_Bm_C$, совпадавший в момент $t \equiv 0$ с ΔABC, и до и после смещается под параболой $y = x^2$ со скоростью $v_0 \equiv 1$ к горизонту и, как единое целое, с ускорением $g \equiv 2$ поднимается вверх или падает вниз. Но если трансформную фигуру $m_Am_Bm_C$ взять в кадр, то есть связать с ее вершиной m_C начало координатной системы $S'(x',y')$, то в данной системе крайние частицы m_A и m_B будут перемещаться параллельно с противонаправленными скоростями $v_A = gT \equiv 2$ и $v_B = \sqrt{2gh} \equiv 2$, что называется “по инерции” (*см. рис.* 17). При этом в кинематическом $\Delta m_Am_Bm_C$ вертикальная медиана $h \equiv 1$ остается неизменной, а его переменное основание $m_A m_B$ со временем поворачивается как в сопровождающей системе $S'(x',y')$, так и в координатах $S(x,y)$, являясь хордой параболы $\Pi_0(v_0,g)$.

Как видно, согласованная кинематика пробных масс m_A, m_B, m_C и геометрия кривой $y = x^2$ тесно связаны. Однако формальное описание полета в условиях локально-однородной гравитации можно построить без геометрии и хронометрии, не пользуясь представлениями о гравитационной силе и потенциальной энергии. Для этого достаточно адаптировать классическое уравнение равноускоренного движения к баллистической траектории и ввести в механику понятие квадроскорости, пропорциональной $v_0 \equiv 1$.

Итак, в пучке кривых $y = ax^2$, где $a > 0$ – число, выделена парабола $y = x^2$ ($a = 1$) с вписанным в нее равнобедренным прямоугольным ΔABC, гипотенуза $2d \equiv 2$ и высота $h \equiv 1$ которого вместе с периодом $T \equiv 1$ определяют горизонтальную скорость $v_0 \equiv 1$ и гравитационное ускорение $g \equiv 2$, предписанные частицам m_A, m_B и m_C в согласованном полете по данной траектории (*см. рис.* 17). При этом в системе $S'(x', y')$, сопровождающей медиану $h \equiv 1$, вершины m_A и m_B кинематического $\Delta m_A m_B m_C$ перемещаются антипараллельно с равными скоростями: $v_A = v_B \equiv 2$.

А теперь, не изменяя масштабов длины $1\,[\mathrm{L}] = h = d$ и длительности $1\,[\mathrm{T}] = T$, то есть сохраняя формулу $y = x^2$ и форму кривой $\Pi_0(v_0,g)$, переопределим гравитационное ускорение $g \equiv 2$ в $g_0 = 1\,[\mathrm{G}]$. И заметим, что при этом $v_A = g_0 T \equiv 1$, а $v_B = \sqrt{2 g_0 h} \equiv \sqrt{2}$. То есть, в момент соединения координатных систем S и S' и взаимного наложения треугольников $m_A m_B m_C$ и ABC антипараллельные скорости частиц m_A и m_B, фактически одинаковые по величине, формально отличаются в $\sqrt{2}$ раз.

Данный результат будем рассматривать как повод для утверждения, что единичные морфизмы $v_A \equiv 1^1$ и $v_B^2 \equiv 1^2$ в принципе различаются как меры механического движения и связаны так, что $1^2 = 2 \cdot 1^1$, где 1^2 – единичная квадроскорость. Далее используем это понятие, новое для теоретической физики, в математическом описании параболических движений под влиянием локально-однородной гравитации. Тем более, что есть убедительные свидетельства объективного характера квадроскоростей, в том числе в оптике движущихся тел [8].

Заметим, что линия $y = x^2$ делит кривые пучка $y = ax^2$ ($a > 0$) на два подмножества. При этом декартовы параболы $y = a_1 x^2$ с числовым признаком $0 < a_1 < 1$ имеют большой размах ветвей по сравнению с линией $y = x^2$, а у кривых $y = a_2 x^2$, где $a_2 > 1$, раствор ветвей меньше. (*Рис*. 18.)

На траекториях $y = a_1 x^2$ и $y = a_2 x^2$ реализуем чисто скалярное решение задачи о свободном падении, отработанное на параболе $y = x^2$. И для начала кривую $П_0$ назовем базовой, имея в виду, что ее кинематическая характеристика $g_0 \equiv 1''$ привязана к какому-то слою над тяготеющей массой и выбрана единичным морфизмом множества природных ускорений.

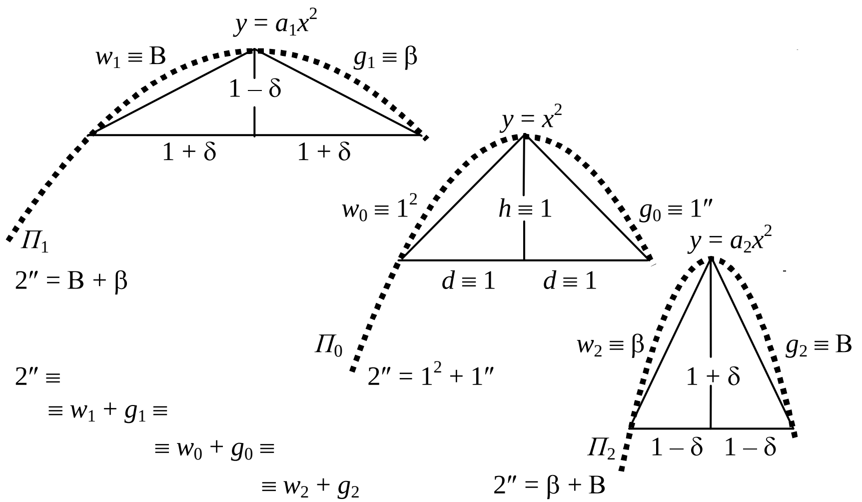

Рис. 18.

Текущее положение материальной точки *m*, в момент $t \equiv 0$ стартовавшей из вершины кривой $П_0$ с горизонтальной скоростью $v_0 \equiv 1$, отметим условной координатой $\xi(t) = x + y$, где $x = v_0 t$ и $y = \frac{gt^2}{2}$, и тем самым адаптируем классическое уравнение равноускоренного движения к полету по параболе. А так как в классической механике $g \equiv 2$, то $\xi(T) = 1 + 1 = 2$, когда $t = T \equiv 1$ и, значит, $x = v_0 T = d \equiv 1$ и $y = \frac{gT^2}{2} = h \equiv 1$. Однако дихотомия $2 = 1 + 1$ с геометрическим подтекстом не является единственной.

В самом деле, если заменить классическое значение $g \equiv 2$ на $g_0 \equiv 1''$, то из $2\xi(T) = 2v_0T + g_0T^2$, где $v_0 \equiv 1^1$ и $T \equiv 1$, следует $2\xi(T) = 3$. Но если величину $2v_0 \equiv 2 \cdot 1^1$ переопределить в квадроскорость $1^2 \equiv w_0$ (*см. выше*), то дихотомию $1^2 + 1'' = 2''$ можно считать скалярно-кинематическим представлением базовой параболы $\Pi_0(w_0, g_0)$. Тем более, что в действительности данная кривая формируется не силой, а суперпозицией двух ортогональных движений – инерционного с квадроскоростью 1^2 на горизонт и равномерного с замедлением-ускорением $1''$ вверх-вниз по вертикали. При этом геометрия линии Π_0 вторична и по сути антропоморфна.

Убедимся в достаточности “параболического” скаляра $2''$ для описания локально-однородной гравитации гармоническими секстетами из особых чисел, избавленных от физической размерности.

Очевидно, что выше и ниже слоя, где хроно-геометрически выделена кривая Π_0 с уравнением $y = x^2$, лежат слои с гравитационными ускорениями $g_1 = g_0 - \Delta g$ и $g_2 = g_0 + \Delta g$, в пределах которых пробная масса m “отыщет” параболы Π_1 и Π_2, детерминированные квадроскоростями $w_1 = w_0 + \Delta w$ и $w_2 = w_0 - \Delta w$. Пусть при этом $\Delta g \equiv \Delta \equiv \Delta w$, где $\Delta \in (0,1)$ – особое число-отклонение. Тогда скалярной контрсимметрии парных величин $g_1 \equiv 1'' - \Delta = \beta_g$ и $w_1 \equiv 1^2 + \Delta = \mathrm{B}_w$, $g_2 \equiv 1'' + \Delta = \mathrm{B}_g$ и $w_2 \equiv 1^2 - \Delta = \beta_w$, таких, что $w_1 + g_1 = w_2 + g_2 \equiv 2''$, будут соответствовать траектории Π_1 и Π_2 с уравнениями $y = a_1x^2$ и $y = a_2x^2$, где $a_1 = \dfrac{h-\delta}{(d+\delta)^2} < 1$ и $a_1 = \dfrac{h+\delta}{(d-\delta)^2} > 1$ при $h = d \equiv 1$ (*см. рис.* 18). Докажем это.

Локально-однородные области, где $g_1 = const$ и $g_2 = const$, объединим временем $T \equiv 1$, нужным первоначально неподвижной массе m для смещения по вертикали вниз соответственно на расстояния $h_1 = \dfrac{g_1T^2}{2} = 1 - \delta$ и $h_2 = \dfrac{g_2T^2}{2} = 1 + \delta$, что можно считать размерами данных областей. Но пусть при этом горизонтальные скорости тела m в выделенных областях равняются $v_1 = \dfrac{1+\delta}{T}$ и $v_2 = \dfrac{1-\delta}{T}$ соответственно. Тогда квазигеометрические координаты $\xi_1(T) = v_1T + \dfrac{g_1T^2}{2}$ и $\xi_2(T) = v_2T + \dfrac{g_2T^2}{2}$ пробной частицы m в момент $T \equiv 1$ будут равны действительному числу 2 из-за контрсимметрии ортогональных перемещений $1+\delta = v_1 T$, $1-\delta = \frac{g_1 T^2}{2}$ и $1-\delta = v_2 T$, $1+\delta = \frac{g_2 T^2}{2}$. Однако условные равенства $2\xi_1(T) = 2v_1 T + g_1 T^2$ и $2\xi_2(T) = 2v_2 T + g_2 T^2$, где $\xi_1(T) = \xi_2(T) \equiv 2$, просто интерпретируются в духе развиваемого метода особых физических чисел.

Заметим, что переопределение величин $2v_1$ и $2v_2$ в квадроскорости $w_1 \equiv \mathrm{B}_w > 1^2$ и $w_2 \equiv \beta_w < 1^2$ (*см. выше*) не нарушит контрсимметрии слагаемых в выражениях $2\xi_1(T) = 2v_1 T + g_1 T^2$ и $2\xi_2(T) = 2v_2 T + g_2 T^2$, если в качестве гравитационных характеристик выделенных слоев (*см. выше*) рассматривать не классические ускорения $g_1 = \frac{2(1-\delta)}{T^2}$ и $g_2 = \frac{2(1+\delta)}{T^2}$, а их половины, выраженные в долях эталонного ускорения $g_0 \equiv 1''$ особыми скалярами $\beta_g < 1''$ и $\mathrm{B}_g > 1''$ соответственно.

Как видно, многообразию кривых пучка $y = ax^2$ можно поставить в соответствие скалярно-кинематическое представление тех же парабол в виде $2'' = \mathrm{B} + \beta$, где особое число $2''$ разделено на равные ($\mathrm{B} = \beta = 1$) или контрсимметричные части $\mathrm{B} = 1 + \Delta$ и $\beta = 1 - \Delta$. При этом парные числа $\mathrm{B} \in [1,2)$ и $\beta \in [1,0)$ вместе с числом-отношением $Z = \frac{\beta}{\mathrm{B}} \in [1,0)$ и числом-отклонением $\Delta = \frac{\mathrm{B}-\beta}{2} = \frac{1-Z}{1+Z} \in [0,1)$ входят в гармонический секстет $\blacklozenge 1 \backslash \Delta \backslash \beta \backslash \mathrm{B} \backslash Z \backslash 2'' \blacklozenge$. А полное множество таких секстетов исчерпывающе описывает локально-однородную гравитацию, геометрическим признаком которой служат параболические траектории, по сути незримые. И хотя геометрия баллистического полета оказывается вторичной, с нескольких попыток мы умудряются попасть камнем в цель.

Невесомость без ускорения.

В 1998 году на околоземной орбите в условиях космической невесомости (понимаемой как бессиловое состояние вещества, движущегося “по инерции”) исследователями NASA был поставлен эксперимент: астронавты учились ловить мячи, выстреливаемые пружинной пушкой. Инструментальные наблюдения выявили неадекватность поведения испытуемых, подобную той, что обнаруживают больные с травмами мозга. А так как опыт отличался строгой прямолинейностью полета мяча в условиях микрогравитации, то у нейрофизиологов (Joe McIntyre, College de France) возникло подозрение, что зрительная система мозга адаптирована к распознаванию и оценке ускорений, в частности – гравитационного, отсутствие которого дезориентировало игроков в мяч.

Опыт 1998 года показал, что в обыденной работе наш мозг обыгрывает модель тяготения, до сих пор неизвестную физикам. Однако искомый образ околоземной гравитации, реализующей себя в кинематике, просматривается в бессиловом негеометрическом описании параболического полета особыми числами B и β без размерности в традиционном понимании.

Заметим, что обычный наблюдатель рассматривает движение по параболе в наземной системе координат $S(x,y)$ и даже прогнозирует его результат – например, попадание в цель брошенного камня. К тому же известно, что зрительная система человеческого мозга работает дискретно и летящий камень воспринимается ею стробоскопически. А так как глаза видят движущийся предмет на неподвижном фоне в режиме смены кадров, то для зрения криволинейный полет представляется движением по ломаной линии, прямолинейные участки которой оказываются хордами его по сути невидимой траектории.

А теперь вспомним, что в сопровождающей системе отсчета S', как и в координатах (x,y), признаком естественного ускорения служит плавный поворот хорды $m_A m_B$ траекторной кривой Π_0 (*см. рис.* 17). То есть, поворот воображаемой хорды свидетельствует об ускорении пробного тела m, выписывающего незримую кривую под влиянием местной гравитации, локально-однородной по признаку $g = const$. И о том, что данный способ распознавания естественного (бессилового) ускорения эволюционно реализовался в зрительной системе человеческого мозга, говорит эксперимент на борту космического челнока «Columbia».

Орбита без потенциала.

Покажем, что полет в невесомости спутника Земли (Луны как небесного тела или технического сооружения вроде той же «Колумбии») тоже моделируется гармоническим секстетом специального вида, не предполагающим никаких гравитационных сил и, соответственно, ускорений.

Известно, что геометро-кинематику центрально-симметричной гравитации полуэмпирически описал Кеплер. Причем свой третий закон он сформулировал в виде $\frac{T^2}{R^3} = const$. Позднее эта хроно-геометрическая зависимость была представлена как $\frac{T^2}{R^3}=\frac{(2\pi)^2}{GM}$. Здесь R – большая полуось эллиптической орбиты или радиус круговой траектории, T – полнооборотный период малой порции вещества m, G – гравитационная константа, M – масса притягивающего центра, такая, что $M >> m$. А большие и соизмеримые массы m_1 и m_2 в относительном покое на расстоянии $R = const$ образуют устойчивую систему $m_1 + m_2 = M^*$, если диполь $(m_1 + m_2)$ плоско вращается в звездах с периодом T, таким, что $\frac{T^2}{R^3}=\frac{(2\pi)^2}{G(m_1+m_2)}$. Так выглядят хроно-геометрические зависимости силовой теории тяготения.

Но перепишем последнее выражение в виде $\left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2=\frac{Gm_2}{R}+\frac{Gm_1}{R}$ и заметим, что слагаемые полученного равенства имеют размерность скорости в квадрате – $[V]^2$. При этом пространственно-временное отношение $\frac{2\pi R}{T}=v$ кажется скоростью одной из масс (m_1 или m_2) в звездах, когда другая принята условно-неподвижной. И, вроде бы, кинематическая модификация $v^2 = v_1^2 + v_2^2$ третьего закона планетной кинематики предписывает телу m_1 орбитальную скорость $v_1 = \left|\sqrt{\frac{Gm_2}{R}}\right|$, тогда как масса m_2 должна перемещаться вокруг притягивающего центра m_1 по окружности со скоростью $v_2 = \left|\sqrt{\frac{Gm_1}{R}}\right|$. Но квадратичная связь величин v_1 и v_2 не имеет геометрической интерпретации… И поэтому ее следует вывести за рамки небесной механики, базирующейся на силе, как артефакте теории тяготения.

В самом деле, если $2\pi R = L$, где L – полнооборотный путь массы m_1, облетающей условно покоящийся центр m_2 по окружности, то должно быть $L = L_1 + L_2$, где $L_1 = v_1 T$ – собственное перемещение тела m_1 за полнооборотный период T, а L_2 – добавок от обращения массы m_2 вокруг центра m_1 со скоростью $v_2 = \frac{L_2}{T}$. Однако кинематическая форма $\frac{2\pi R}{T}=\frac{L_1}{T}+\frac{L_2}{T}$ противоречит тождеству $v^2 = v_1^2 + v_2^2$, модифицирующему третий закон Кеплера, поскольку невозможно, чтобы $2\pi R = L_1 + L_2$ и при этом $L_1^2 + L_2^2 = L^2$.

Возникшая коллизия обязывает отказаться от рассмотрения аддитивных величин $v_1^2 = \frac{Gm_2}{R}$ и $v_2^2 = \frac{Gm_1}{R}$ в качестве квадратов скоростей или гравитационных потенциалов. То есть, надо перейти к их восприятию как самостоятельных мер механического движения, которые назовем орбитальными квадроскоростями масс m_1 и m_2. А поскольку $\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{m_2}{m_1}$, то данная пропорция может означать равенство кинетических энергий взаимно гравитирующих тел m_1 и m_2 в составе плоско вращающегося диполя $(m_1 + m_2)$, если не считать мультипликативные конструкции $\frac{m_1 v_1^2}{2}$ и $\frac{m_2 v_2^2}{2}$ математическими артефактами. И наоборот, равенство $1 + \frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{m_1}{m_2} + 1$ приводит к понятию гармонического секстета.

В самом деле, третий закон Кеплера в виде $v_1^2 + v_2^2 = v^2$ и аддитивное правило $m_1 + m_2 = M^*$ при $v^2 = 2^*$ и $\frac{M^*}{2} \equiv 1$ численно одинаковы с точностью до перестановки слагаемых и их можно обобщить скалярной формой $\Gamma + \gamma = 2^*$, контрсимметричные члены $\Gamma = 1 + \Delta$ и $\gamma = 1 - \Delta$ которой имеют двойную размерность – и массы [M] и квадроскорости [V^2]. При этом в составе секстета ♦$1 \backslash \Delta \backslash \gamma \backslash \Gamma \backslash Z \backslash 2^*$♦ число-отклонение $\Delta = \frac{1-Z}{1+Z} \in [0,1)$ связано с числом-отношением $Z = \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{m_2}{m_1} \in [1,0)$ гиперинверсией $Z = \frac{1-\Delta}{1+\Delta}$.

А в физическом смысле аддитивное деление особого скаляра 2* на контрсимметричные части $\Gamma \in (1,2)$ и $\gamma \in (1,0)$ означает, что полное движение плоско вращающегося диполя $(m_1 + m_2)$, оцененное квадроскоростью 2* [V^2], разделено между его массивными компонентами $m_1 \equiv \Gamma$ и $m_2 \equiv \gamma$ обратно пропорционально количествам содержащегося в них вещества, определенным по принципу “третьего лишнего” (*см. выше*).

Подчеркнем, что выведенное правило выглядит общим законом гравитационного взаимодействия двух тел, пребывающих в относительном покое на неизменном расстоянии. Но в таком случае одной гравитации мало для устойчивого существования диполя $(m_1 + m_2)$ и систем, подобных Солнечной. И о дополнительном взаимодействии, тонко регулирующем орбитальную кинематику больших космических масс, свидетельствуют многолетние наблюдения NASA за полетом космических аппаратов «Pioneer-10» и «Pioneer-11» [9-10].

Вакуум без пустоты.

Итак, гравитация, как свойство вещества по определению, в рамках дальнодействия делится на локально-однородную и центрально-симметричную. При этом скалярная модель $2'' = \text{B} + \beta$ новым для физики способом отображает множество траекторных парабол. А так как B $\rightarrow$ 2″ при $\beta \rightarrow 0$, где β – гравитационное ускорение, то арифмометрическая модификация $\Gamma + \gamma = 2^*$ хроно-геометрического закона $\frac{T^2}{R^3} = \frac{(2\pi)^2}{G(m_1 + m_2)}$ указывает на отсутствие центростремительного ускорения в орбитальном полете и подчеркивает артефактный характер ньютоновой силы тяготения (*см. выше*). И выходит, что траектория $2'' = \text{B} + \beta$ малой пробной массы при β = 0 и B $\equiv$ 2* "распрямляется" в орбитальную окружность, что немыслимо геометрически, но приемлемо кинематически.

Теперь покажем, что масса Солнца, как причина бессилового дальнодействия на планеты-спутники, может быть источником дополнительного влияния на их кинематику, заметного, например, по вращению перигелиев их орбит. Более того, наличие в околосолнечном пространстве слабо преломляющей квазисреды (стационарного электромагнетизма) подтверждено инструментальным сопровождением полета космических аппаратов NASA.

Как известно, ракета-носитель вывела КА "Pioneer-10" за атмосферу 2 марта 1972 года. А с 1980 года проводилась доплеровская оценка параметров его полета по баллистической траектории. Измерения в период с 1987 по 1995 год выявили монотонный рост частоты радиосигнала, активно переизлученного КА. То есть, на фоне нормального эффекта Доплера проявился дрейф измеряемой частоты в сторону ее увеличения [11].

Обработка полученных данных специальными программами показала, что "Pioneer-10" вроде бы затормаживается. Но оценка возможных причин замедления установила, что ни одна из них не вносит заметного вклада в отрицательное ускорение [12]. При этом аномальное ускорение того же знака и той же величины обнаружили доплеровские измерения траектории КА "Pioneer-11". И тут уместен вопрос: не вызван ли наблюдаемый рост частоты радиосигнала от передатчика, удаляющегося от нас "по инерции", каким-то неучтенным свойством околосолнечного пространства? Данную гипотезу подтверждает следующий элементарный расчет.

Межпланетный вакуум вблизи плоскости эклиптики отождествим со слабо преломляющей средой, анизотропной в направлении Солнца. Затем, считая обнаруженный эффект ранее неизвестным явлением астрофизики, оценим его с помощью формулы В. Михельсона [13]:

$$\nu = \nu_0\left[1-\frac{1}{c}\left(n\,\frac{dl}{dt}\pm l\,\frac{dn}{dt}\right)\right].$$

Здесь слагаемое $\nu_0\left(1-\frac{n}{c}\frac{dl}{dt}\right)$ соответствует допплеровской частоте $\nu_D = \nu_0\left(1-\frac{v}{c_n}\right)$ сигнала от генератора частоты ν_0, удаляющегося со скоростью $v = \frac{dl}{dt}$ прочь от наземного приемника сквозь среду с коэффициентом преломления $n > 1$. При этом принято, что скорость $c_n = \frac{c}{n}$ сигнала в среде не сильно отличается от скорости c света в вакууме, а показатель $n \approx 1$ является осредненной характеристикой преломляющего слоя между передатчиком и приемником, толщина которого растет по закону $l = vt$.

Второй член $\pm\nu_0\,\frac{l}{c}\frac{dn}{dt} = \Delta\nu$ формулы Михельсона относится к случаю, когда оптические условия на пути радиосигнала монотонно меняются: $n = var$. При этом знак прибавки $\pm\Delta\nu$ к доплеровской частоте ν_D обусловлен взаимным расположением приемника и передатчика в неоднородной среде, а ее величина зависит от расстояния l между ними или от времени $\tau = \frac{l}{c}$ пребывания радиосигнала в пути при условии, что его скорость c_n почти равна $c = 3\cdot10^5$ *км/с*.

Кроме того, из закона Доплера - Михельсона следует, что увеличение показателя преломления среды по вектору скорости радиосигнала сопровождается ростом добавочного члена $\Delta\nu$ в принимаемой частоте ν. А наблюдения за КА “Pioneer-10” показали, что величина $\Delta\nu$ положительна и выросла на 1,5 гц за 8 лет его полета по радиально ориентированной траектории с началом в точке, удаленной от Солнца на 40 а. е.

Таким образом, доплеровские измерения зафиксировали приращение коэффициента преломления межпланетной среды в направлении Солнца. И это свойство околосолнечного пространства может быть связано со стационарным электромагнитным полем светила, влияние которого на дальнюю космическую связь заметили авторы публикаций [11] и [12].

Покажем, что прямо пропорциональный времени τ рост составляющей $\Delta\nu$ частоты $\nu = \nu_0 - \nu_D + \Delta\nu$ радиосигналов, принимаемых от удаляющихся аппаратов “Pioneer-10” и “Pioneer-11”, не означает, что преломляющие свойства околосолнечной квазисреды также изменяются линейно.

Допустим, что коэффициент n на расстоянии r_0 от Солнца равен $1 + \eta_0$ и уменьшается в направлении «от» него по закону $n = 1 + \eta_0 \frac{r_0}{r}$, аналогичному зависимости гравитационного потенциала от полярной координаты r. Тогда переменное слагаемое

$$\Delta\nu = \nu_0 \frac{l}{c} \frac{d\left(1 + \eta_0 \frac{r_0}{r}\right)}{dt} = \nu_0 \frac{r - r_0}{c} \frac{d\left(1 + \eta_0 \frac{r_0}{r_0 + ct}\right)}{dt} = \nu_0\, \eta_0 \frac{r_0^{\,2} - r_0 r}{r^2}$$

формулы Доплера - Михельсона изменится мало, если расстояние $r = r_1$, значительно превышающее r_0, возрастет до r_2. Например, нелинейность $\Delta\nu$ на дистанции в 20 а. е. между r_1 = 40 а. е. и r_2 = 60 а. е., преодоленной “Pioneer-10” за 8 лет полета, уложится в 1% при r_0 = 1 а. е. Таким образом, при достигнутой точности допплеровских измерений рост $\Delta\nu$ в период с 1987 по 1995 год только кажется линейным.

Оценим коэффициент преломления $n_2 = 1 + \eta_2 = 1 + \frac{\Delta\nu}{\nu_0} \frac{r_1^{\,2}}{r_2^{\,2} - r_1 r_2}$ околосолнечной квазисреды на расстоянии r_2 = 60 а. е. от Солнца. Так как $\Delta\nu$ = = 1,5 гц, $\nu_0 = 2{,}29 \cdot 10^9$ гц и r_1 = 40 а. е., то $n_2 = 1 + 0{,}87 \cdot 10^{-9}$. При этом на уровне земной орбиты (r_1 = 1 а. е.) превышение η_1 показателя преломления n_1 над n = 1 должно быть в 60 раз больше η_2 по принятому выше правилу $n = 1 + \eta_0 \frac{r_0}{r}$. То есть, $n_1 = 1 + \eta_1 = 1 + 60\eta_2 = 1 + 5{,}22 \cdot 10^{-8}$. Это значит, что при “спуске” радиосигнала с 60 а. е. на 1 а. е. от Солнца его скорость упадет на $\Delta c = \left(\frac{1}{n_2} - \frac{1}{n_1}\right) c \approx (\eta_1 - \eta_2)\, c = (5{,}22 \cdot 10^{-8} - 0{,}87 \cdot 10^{-9}) \times 3 \cdot 10^5$ *км/с* = = $1{,}54 \cdot 10^{-2}$ *км/с*. То есть, $\Delta c < 15{,}4$ *м/с*, что не так уж мало даже по сравнению со скоростью света в вакууме.

Очевидно, что земной электромагнетизм тоже вносит свой вклад в изменение частоты и скорости сигналов дальней космической связи. Но этот вклад, по-видимому, ничтожен и его трудно обнаружить. Однако он поддается оценке по формуле Доплера - Михельсона, дополненной зависимостью $n = 1 + \eta_0 \frac{r_0}{r}$, которую предстоит проверить.

От доводов к выводам.

1. В статье общеметодического и междисциплинарного содержания с необычной логико-математической позиции рассмотрены задачи Дж. Атвуда, Х. Гюйгенса (об упругом ударе), Г. Галилея (о свободном падении), И. Кеплера (задача двух тел) и проблема “Пионеров”.

2. В рамках метрологического постулата о “третьем лишнем” скалярно формализован закон инерции ньютоновой механики и получены общие квазистатистические решения классических задач в форме двойных гармонических секстетов.

3. Скалярные секстеты $\blacklozenge 1 \backslash \Delta \backslash \beta \backslash B \backslash Z \backslash 2'' \blacklozenge$ и $\blacklozenge 1 \backslash \Delta \backslash \gamma \backslash \Gamma \backslash Z \backslash 2^{*} \blacklozenge$, численно моделирующие невесомость в условиях тяготения (локально-однородного и центрально-симметричного), формально и фактически подтверждают принцип дальнодействия гравитации.

4. Тот же принцип утверждается для стационарного электромагнетизма в околосолнечном пространстве, зафиксированного доплеровскими измерениями кинематики космических аппаратов NASA.

5. Нейро-физиологический эксперимент NASA на околоземной орбите показывает, что зрительная система человеческого мозга настроена на распознавание ускорений, в том числе гравитационного.

6. Математическими методами доказано, что классическая механика, основанная на суперпозиции сил и на сохранении импульсов и энергий, является артефактной псевдофизикой.

7. Секстетным моделированием известных физико-механических явлений намечен путь к скалярной (арифмометрической) парадигме в теории движений-взаимодействий вещества в природе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герц Г. Принципы механики, изложенные в новой связи. Изд-во АН СССР, 1959.
2. Голдстейн Г. Классическая механика. – М.: Наука, 1975. – С. 37-38.
3. Математический энциклопедический словарь. – М.: «Советская энциклопедия», 1988. – С. 636.
4. Мах Э. Принцип сохранения работы, история и корень его. СПб., 1909. – С. 57.
5. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика. – М.: Наука, 1973.
6. Черепанов О. А. Шесть проблем закона инерции. Как понимать относительность без релятивизма. Уфа: изд-во «М.: Нефтегазовое дело», 2005. – 28 с.
7. Яглом И. М. Принцип относительности Галилея и неевклидова геометрия. – М.: Наука, 1969.
8. Черепанов О. А. Секстетное моделирование кинематики света. Скорость как масштаб и число. Уфа: изд-во «М.: Нефтегазовое дело», 2005. – 24 с.
9. Черепанов О. А. О физико-механической интерпретации хроно-геометрического неравноправия инерциальных систем отсчета. //Труды Конгресса-2002 «Фундаментальные проблемы естествознания и техники», ч. I. Сер. «Проблемы исследования Вселенной», вып. 24. –С.-Пб.: изд-во Санкт-Петербургского университета, 2002.–С. 452-469.
10. Cherepanov O.A. Doppler-Mikhelson`s principle and a pseudoacceleration of the NASA`s spacecrafts: «Pioneer-10» and «Pioneer-11» have discovered in the perihelion space the faintly refractive medium. Там же. – С. 470-473.
11. J. D. Anderson, P. A. Laing, E. L. Lau, M. M. Nieto, and S. G. Turyshev, Phys. Rev. Lett. **81**, 2858 (1998). Eprint gr-qc/9808081.
12. John D. Anderson, Philip A. Laing, Eunice L. Lau, Anthony S. Liu, Michael Martin Nieto and Slava G. Turyshev, Study of the anomalous acceleration of Pioneer 10 and Pioneer 11. Arhiv: gr-qc/0104064 v2 15 May 2001.
13. В. А. Михельсон. К вопросу о правильном применении принципа Допплера. ЖРФХО, ч. физ., 1899, 31, стр. 119-125; «Astrophys. J.», 1901, **13**, p. 192-198; «J. De Phys.», 1901, **10**, p. 150-156.