Сомсиков А.И.

Исторические проблемы физики. Сила, масса, инерциальная система отсчета.

Выявлен физический смысл (логическое содержание) исходных физических понятий - силы, массы, инерционной системы отсчета.

Определение силы и массы

В физике смысл каждой вновь вводимой величины, кроме первоначальных, считается выясненным в том случае, когда найдено уравнение, в котором эта величина выражается через ранее введенные, первоначальные же величины не выводимы.

Например, скорость определяется как отношение пройденного пути ко времени, в течение которого путь пройден (путь и время – первоначальные понятия, не поддающиеся дальнейшему разложению); ускорение есть отношение величины изменения скорости ко времени, в течение которого произошло изменение; работа есть произведение силы на пройденный путь; мощность есть отношение работы к промежутку времени, в течение которого она совершалась и т.д.

Не все величины, однако, имеют столь ясно определенный физический смысл и, прежде всего, две фундаментальные величины классической механики – *сила и масса*.

Причина состоит в том, что Ньютон ввел одновременно обе эти величины в одном уравнении второго закона механики, вследствие чего одна неизвестная величина – сила определялась через другую неизвестную – массу и наоборот.

Логический круг может быть преодолен путем добавления второго уравнения, содержащего те же неизвестные, исключения одной из неизвестных и выражения второй неизвестной через известные.

Недостающее уравнение было также дано Ньютоном (закон всемирного тяготения для неподвижных и медленно движущихся относительно скорости света тел), так что полная система двух уравнений есть:

$$F_1 = k_1 m_1 a_1,$$
$$F_1 = k_2 \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

Для того чтобы выяснить физический смысл входящих величин F и m нужно, как сказано, решить эту систему.

Итак, пусть сила, вызывающая ускоренное движение тела с массой m_1, является силой тяготения: $k_1 m_1 a_1 = k_2 \frac{m_1 m_2}{r^2}$.

После сокращения на m_1 получим: $k_1 a_1 = k_2 \frac{m_2}{r^2}$. Откуда: $m_2 = \frac{k_1}{k_2} a_1 r^2 = k a_1 r^2$.

Положив теперь $k = 1$ $(k_1 = k_2)$, приходим к следующему *определению массы*: $m_2 = a_1 r^2$.

Массой тела называется произведение ускорения, приобретаемого другим телом, находящимся на заданном расстоянии от него, на квадрат расстояния между телами.

Из формулы видно, что возможно как скалярное, так и векторное истолкование массы: $\overrightarrow{m_2} = \overrightarrow{a_1} r^2$.

Второй закон механики является феноменологическим *определением силы* (если положить $k_1 = k_2 = 1$): $F_2 = m_2 a_2 = a_1 a_2 r^2$.

Сила есть произведение ускорений взаимодействующих тел на квадрат расстояния между телами.

Из определения следует, что правильно говорить «сила тел» вместо «сила, приложенная к телу», т.к. сила не является самостоятельной сущностью, могущей быть приложенной, но лишь указанным выше произведением.

Полная система уравнений ньютоновой динамики состоит из 4-х уравнений:

$$F_1 = m_1 a_1,$$

$$F_2 = m_2 a_2,$$

$$F_1 = \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

$$F_2 = F_1$$

и содержит 4 неизвестных – F_1 , F_2 , m_1 , m_2 .

Решение этой системы есть:

$$m_1 = a_2 r^2,$$

$$m_2 = a_1 r^2,$$

$$F_1 = F_2 = a_1 a_2 r^2.$$

Заметим, что отсутствие или изменение любого из приведенных уравнений делает в первом случае невозможным однозначное определение силы и массы, т.к. при этом остается три уравнения с четырьмя неизвестными, а во втором равносильно полному изменению физического смысла F и m .

А потому, если где-нибудь равенство $F_1 = F_2$, например, заменяется неравенством $F_2 \neq F_1$, то здесь следует начать с того, что неизвестно, что такое F и m , и то, что обозначено прежней буквой, является совершенно новым понятием.

Система отсчета

Система отсчета, в которой измеряются ускорения a_1 и a_2, носит наименование *инерциальной системы отсчета* (ИСО).

Основным свойством ИСО является независимость ускорения тела 1 от самого этого тела (постоянство массы тела 2 при изменении тела 1), точно так же ускорение тела 2 не зависит от самого тела 2 (постоянство массы тела 1 при изменении тела 2).

Это означает, что в ИСО приращение ускорения с изменением тела 1 относится каждый раз к телу 2, соответственно с изменением тела 2 считается относящимся к телу 1.

Иными словами, с изменением тела 1 ускорение системы отсчета относительно тела 1 не изменяется (система отсчета остается прежней), точно так же с изменением тела 2 ускорение системы отсчета относительно тела 2 не меняется.

Отсюда следует, что для любой пары 1', 2' ИСО остается той же самой, что и для 1, 2.

В самом деле, произвольную пару 1', 2' можно получить из заданной пары 1, 2 путем последовательной замены вначале тела 1 на тело 1', при этом относительно 1' ИСО движется с прежним ускорением a_1, т.е. не изменяется, а ускорение тела 2 измеряется в этой же системе отсчета; затем тела 2 на тело 2', при этом относительно 2' ИСО движется с прежним ускорением (не изменяется), а ускорение тела 1' измеряется относительно этой же системы отсчета.

В итоге, ускорения тел 1', 2' измеряются относительно той же системы отсчета, что и ускорения тел 1, 2, с точностью до любой другой системы, движущейся относительно первой без ускорения.

В ИСО ускорение тела 1 и связанной с ним системы отсчета $СО_1$ равно a_1, соответственно ускорение тела 2 и системы $СО_2$ равно a_2 .

В $СО_1$ ускорение ИСО равно минус a_1, а ускорение $СО_2$ равно $(a_1 + a_2)$.

Присоединим к телу 1 некоторое тело 3.

При этом ускорение CO_2 в ИСО становится равным $a_2' = a_2 + \Delta a$ (a_1 от добавления тела 3 не меняется).

В CO_1 ускорение CO_2 становится равным $(a_1 + a_2 + \Delta a)$.

Таким образом, приращение Δa от добавления тела 3 в ИСО и в CO_1 имеет одинаковую величину и, следовательно, его можно определить измерением в CO_1.

Но это приращение в ИСО однозначно определяет массу тела 3!

Заметим, что как только найдена масса хотя бы одного из тел (в данном случае - тела 3), массы всех остальных тел находятся легко, для чего следует последовательно помещать исследуемые тела на заданном расстоянии от тела 3 и измерять ускорение исследуемых тел *относительно* тела 3.

При этом получим: $a = \Delta a + a_i$,
где a – ускорение i-го тела относительно тела 3,
a_i – ускорение i-го тела относительно ИСО,
Δa – ускорение тела 3 относительно ИСО.

Откуда:

$$a_i = a - \Delta a ,$$
$$m_i = a_i r^2,$$

где m_i – масса i-го тела.

Вышесказанное является анализом исторически данного материала.

Правильный порядок построения феноменологической теории динамики следующий.

Начало построения

Геометрическое сравнение тел осуществляется путем сравнения их размеров, в физике тела сравнивают по их движениям, при этом характеристики движений служат характеристиками тел.

Опытным путем установлено, что тела, могущие свободно перемещаться друг относительно друга, самопроизвольно приходят в движение (*взаимодействуют*), причем в системе отсчета, связанной с телом 1 (CO_1) тело 2 приобретает ускорение a_{2CO_1}, *зависящее* от тела 1 (соответственно в CO_2 тело 1 имеет ускорение a_{1CO_2}, где $a_{1CO_2} = a_{2CO_1}$).

Однако это ускорение еще не может служить характеристикой тела 1 прежде всего потому, что это величина неоднозначная, а зависит еще и от расстояния: $a_{2CO_1} \sim \frac{1}{r^2}$.

Величиной, *не зависящей* от расстояния, является произведение: $a_{2CO_1} r^2$.

Однако и эта величина еще не может служить характеристикой тела 1, т.к. она зависит не только от тела 1, но и от тела 2, иными словами с изменением тела 2 ускорение a_{2CO_1} меняется: $a_{2CO_1}' = a_{2CO_1} \pm \Delta a$.

Сделать это ускорение *не зависящим* от тела 2 можно путем перехода к другой системе отсчета (названной *инерциальной* СО или ИСО), движущейся ускоренно относительно CO_1 (самого тела 1) с некоторым ускорением $a_{1ИСО}$.

Найти ИСО значит определить $a_{1ИСО}$, зная a_{2CO_1}.

Пусть даны тело 1 совместно с его системой отсчета CO_1 и тело 2.

В CO_1 ускорение тела 2 равно a_{2CO_1} .

В искомой ИСО ускорения тел 1, 2 составляют: $a_{1ИСО}$, $a_{2ИСО}$.

При этом: $a_{1ИСО} + a_{2ИСО} = a_{2CO_1}$.

Неподвижно присоединим к телу 1 некоторое тело 3.

В искомой ИСО совместное ускорение тел (1 + 3) не зависит от тела 1 и составляет по-прежнему $a_{1ИСО}$.

Ускорения тела 2 равны теперь: в ИСО – $a_{2ИСО}'$, в CO_1 – a_{2CO_1}'.

При этом: $a_{1ИСО} + a_{2ИСО}' = a_{2CO_1}'$.

Пусть: $a'_{2\text{СО}_1} = a_{2\text{СО}_1} + \Delta a$.

Имеем: $a_{1\text{ИСО}} + a'_{2\text{ИСО}} = a_{2\text{СО}_1} + \Delta a = a_{1\text{ИСО}} + a_{2\text{ИСО}} + \Delta a$, т.е. изменения ускорений тела 2 в СО_1 и в ИСО *одинаковы*, равны Δa и могут быть найдены *измерениями* в СО_1.

Уберем теперь тело 1.

В искомой ИСО ускорение оставшегося тела 3 *не изменится* и составляет по-прежнему $a_{1\text{ИСО}}$.

Ускорения тела 2 равны теперь: в ИСО – $a''_{2\text{ИСО}}$, в СО_1 – $a''_{2\text{СО}_1}$.

При этом: $a_{1\text{ИСО}} + a''_{2\text{ИСО}} = a''_{2\text{СО}_1}$.

Оба ускорения $a''_{2\text{ИСО}}$ и $a''_{2\text{СО}_1}$ изменятся в сравнении с $a'_{2\text{ИСО}}$, $a'_{2\text{СО}_1}$, на одинаковую величину, равную $a_{2\text{ИСО}}$:

$a''_{2\text{ИСО}} = a'_{2\text{ИСО}} - a_{2\text{ИСО}} = a_{2\text{ИСО}} + \Delta a - a_{2\text{ИСО}} = \Delta a$,
$a''_{2\text{СО}_1} = a'_{2\text{СО}_1} - a_{2\text{ИСО}} = a_{2\text{СО}_1} + \Delta a - a_{2\text{ИСО}} = a_{1\text{ИСО}} + \Delta a$.

Зная $a''_{2\text{СО}_1}$ и Δa , найдем теперь $a_{1\text{ИСО}}$:

$$a_{1\text{ИСО}} = a''_{2\text{СО}_1} - \Delta a .$$

Зная $a_{1\text{ИСО}}$, найдем $a_{2\text{ИСО}}$:

$$a_{2\text{ИСО}} = a_{2\text{СО}_1} - a_{1\text{ИСО}}.$$

При заданном r ускорение $a_{2\text{ИСО}}$ теперь уже не зависит от тела 2, а зависит только от тела 1.

В свою очередь произведение $a_{2\text{ИСО}} r^2$ уже не зависит ни от тела 2, ни от расстояния r и потому *может служить* однозначной *характеристикой* тела 1.

Эта характеристика получила наименование *массы*:

$$m_1 = a_{2\text{ИСО}} r^2 .$$

Выбор ИСО, не связанной ни с одним из взаимодействующих тел, движущейся ускоренно относительно каждого из тел и притом с разными ускорениями объясняется именно тем, что при этом достигается *однозначность* характеристик каждого из взаимодействующих тел.

Коэффициенты

Исходные формулы при построении систем единиц динамики Ньютона следующие:

$$F_1 = k_1 m_1 a_1 ,$$
$$F_1 = k_2 \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

В системе единиц, предложенной В. Томсоном, оба коэффициента k_1 , k_2 принимаются равными единице:

$$F_{1\text{Т}} = m_{1\text{Т}} a_1,$$
$$F_{1\text{Т}} = \frac{m_{1\text{Т}} m_{2\text{Т}}}{r^2} ,$$

при этом сам эталон массы оказывается вполне определенным (~ 15 т, при единице длины – *см* и единице времени – *с*).

Покажем, как появляются коэффициенты в формулах Ньютона в случае, если эталон массы выбирается произвольно.

Пусть, например, *новый* эталон массы составляет γ томсоновых эталонов (γ имеет произвольное, отличное от единицы числовое значение).

Тогда: $m_{\text{Н}} = \frac{m_{\text{Т}}}{\gamma}$.

В системе единиц типа «динамической» $k_1 = 1$:

$F_{1Н} = m_{1Н}a_1 = \frac{m_{1Т}}{\gamma}\ a_1 = \frac{F_{1Т}}{\gamma}$.

Поскольку $F_{1Т} = \frac{m_{1Т}m_{2Т}}{r^2}$, $F_{1Т} = \gamma m_{1Н}$ и $m_{1Т} = \gamma m_{1Н}$, $m_{2Т} = \gamma m_{2Н}$, то получаем: $\gamma F_{1Н} = \frac{\gamma m_{1Н}\, \gamma m_{2Н}}{r^2}$ или $F_{1Н} = \gamma \frac{m_{1Н}\, m_{2Н}}{r^2}$, откуда $k_2 = \gamma$.

В системе единиц типа «гравитационной» $k_2 = 1$:

$F_{1Н} = \frac{m_{1Н}m_{2Н}}{r^2} = \frac{m_{1Т}}{\gamma}\frac{m_{2Т}}{\gamma}\frac{1}{r^2} = \frac{F_{1Т}}{\gamma^2}$.

Второй закон Ньютона: $F_{1Т} = m_{1Т}a_1$ в новой системе единиц:

$\gamma^2 F_{1Н} = \gamma m_{1Н}a_1$ или $F_{1Н} = \frac{1}{\gamma} m_{1Н}a_1$, откуда $k_1 = \frac{1}{\gamma}$.

В частном случае, когда коэффициент γ в точности равен «гравитационной постоянной», мы получаем собственно *гравитационную* и собственно *динамическую* системы единиц.

Если новый эталон массы, измеряемый в долях от томсонова эталона массы, сохраняет прежнюю *размерность* [см³/с²], то коэффициент γ есть просто число, показывающее во сколько раз новый эталон больше или меньше томсонова эталона.

Если же новому эталону дано и новое название (например, *грамм*), то коэффициент γ приобретает размерность:

$$[\gamma] = \frac{[m_Т]}{[m_Н]} = \frac{[\frac{см^3}{с^2}]}{[г]} .$$

Итак, гравитационная и динамическая постоянные появляются вследствие произвольности выбора эталона массы при построении систем единиц измерения и не имеют собственного физического смысла.

Случай больших скоростей

Если считать установленным существование предельной относительной скорости перемещения взаимодействующих тел, при приближении к которой их ускорения стремятся к нулю по формулам:

$$a = a_0\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}} \quad (a \to 0 \text{ при } V \to C),$$

где a_0 – ускорение при относительных скоростях V , много меньших скорости света C , то и сила взаимодействия

$$F = F_0\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}} \quad (F \to 0 \text{ при } V \to C\ ).$$

Вообще говоря, $a \to 0$ может означать либо $F \to 0$ по формуле $F = F_0\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}$, либо $m \to \infty$ по формуле $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$, поскольку $a = \frac{F}{m}$.

Математически оба варианта равноценны.

Однако *физически* $m \to \infty$ ***невозможно***, т.к. это означает $ar^2 \to \infty$, т.е. $a \to \infty$ и $V \to \infty$, что исключается, поскольку $a \to 0$ при $V \to C$.

Поэтому мы и говорим, что $a \to 0$ означает именно $F \to 0$.

Кроме того, поскольку $m = ar^2$, $a \to 0$ означает также и $m \to 0$:

$m = m_0\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}$.

При приближении к предельной скорости С масса каждого из взаимодействующих тел *стремится к нулю*.

Масса одного и того же тела равна нулю для тел, достигших предельной относительной скорости C и не равна нулю для тел, не достигших предельной относительной скорости, иными словами значение массы является *относительной* величиной.

Определение заряда

Закон Кулона: $F = \frac{q_1 q_2}{r^2}$.

По определению: $F = a_1 a_2 r^2$, где a_1, a_2 – ускорения, приобретаемые взаимодействующими телами (в ИСО).

Откуда: $a_1 a_2 r^2 = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$ или $a_1 a_2 r^2 r^2 = k q_1 q_2$.

Положив теперь $k = 1$, получим:

$q_1 = a_2 r^2$,
$q_2 = a_1 r^2$,

иными словами, понятие «заряда» *тождественно* понятию массы.

Далее: $F = a_1 a_2 r^2 = q_1 a_1 = q_2 a_2$ – второй закон Ньютона в области электростатики.

По определению, *напряженность электростатического поля* $E = \frac{F}{q_2} = a_2$ есть ускорение, приобретаемое пробным телом.

Векторное истолкование заряда: $\overrightarrow{q_1} = \overrightarrow{a_2}\, r^2$.

Потенциальность поля

Если в направлении действия поля пробное тело движется с предельной относительной скоростью C , то его сила $F \to 0$ и работа $A \to 0$.

Если в обратном направлении тот же путь проходится с относительной скоростью меньшей предельной, то тогда $F \neq 0$, соответственно и работа A имеет конечное значение.

Суммарная работа по замкнутому пути оказывается не равной нулю.

Потенциальность поля, устанавливаемая по признаку равенства нулю работы при перемещении пробного тела по замкнутому пути, нарушается в общем случае, включающем предельную относительную скорость C перемещений.

Переход от ИСО к CO_1

Перенесем теперь тело 2 из CO_2 в CO_1, неподвижно присоединив его к телу 1.

В ИСО до переноса тела 2:

$m_1 > 0$, $m_2 > 0$, $a_{1ИСО} > 0$, $a_{2ИСО} > 0$.

В CO_1 до переноса тела 2:

$a_{1CO_1} = 0$,
$a_{2CO_1} = a_{1ИСО} + a_{2ИСО}$.

В ИСО после переноса тела 2:

$m_1' \to m_1 + m_2$, $m_2' \to 0$, $a_{1ИСО}' \to 0$, $a_{2ИСО}' \to a_{1ИСО} + a_{2ИСО}$.

При этом $a_{1ИСО}' \to 0$ означает: $ИСО \to CO_1$.

В CO_1 после переноса тела 2:

$a_{1CO1}' = a_{1CO1} = 0$,

$a_{2CO1}' = ?$

Поскольку $ИСО \to CO_1$, $a_{2ИСО}' \to a_{2CO1}'$, то, следовательно,

$a_{2CO1}' = a_{2ИСО}' = a_{1ИСО} + a_{2ИСО}$.

Поэтому переход от ИСО к СО$_1$ равнозначен переносу в эту СО$_1$ тела 2, сопровождающемуся суммированием масс $m_1 + m_2 = m'_1$, а также переносу в СО$_1$ самой ИСО.

И обратно, переход от СО$_1$ к ИСО равнозначен выделению из тела 1, находящегося в СО$_1$, некоторого тела 2 с массой $m_2 = m'_1 - m_1$.

После переноса тела 2 в СО$_1$ совместная масса тел, находящихся в СО$_1$: $m'_1 = a'_{2ИСО} r^2 = a'_{2СО1} r^2$.

Итак, для тела, находящегося в СО$_1$, масса тела может быть найдена измерениями в самой СО$_1$, при использовании в процессе измерений тела бесконечно малой (не возмущающей) массы m'_2 (пробного тела).

Взаимодействие тел с существенно различными массами

В частном случае взаимодействия масса тела 2 может быть много меньше массы тела 1: $m_2 \ll m_1$, что означает: $a_{1ИСО}\, r^2 \ll a_{2ИСО}\, r^2$ или $a_{1ИСО} \ll a_{2ИСО}$.

Выполним переход от ИСО к СО$_1$ для данного случая.

В ИСО до перехода к СО$_1$ (переноса тела 2 в СО$_1$):

$m_1 > 0$, $m_2 > 0$, $a_{1ИСО} > 0$, $a_{2ИСО} > 0$, $m_2 << m_1$, $a_{1ИСО} << a_{2ИСО}$.

В СО$_1$ до переноса тела 2:

$a_{1СО1} = 0$,

$a_{2СО1} = a_{1ИСО} + a_{2ИСО}$.

Ввиду малости $a_{1ИСО}$ относительно $a_{2ИСО}$ имеем:

$a_{1СО1} = 0$,

$a_{2СО1} = a_{2ИСО}$.

В ИСО после перехода к СО$_1$, соответствующего переносу в СО$_1$ тела 2 с массой m_2: $m'_1 = m_1 + m_2$, $m'_2 = 0$, $a'_{1ИСО} = 0$, $a'_{2ИСО} = a_{1ИСО} + a_{2ИСО}$.

Ввиду малости m_2 относительно m_1 и $a_{1ИСО}$ относительно $a_{2ИСО}$, имеем: $m'_1 = m_1$, $m'_2 = 0$, $a'_{1ИСО} = 0$, $a'_{2ИСО} = a_{2ИСО}$.

В СО$_1$ после переноса в нее тела 2: $a'_{1СО1} = a_{1СО1} = 0$, $a'_{2СО1} = a'_{2ИСО} = a_{2ИСО}$,

т.е. присоединение тела 2 малой массы m_2 к телу 1 большой массы m_1 не изменяет массу тела 1 и *ускорение* $a'_{2СО1}$, приобретаемое телом бесконечно малой массы относительно СО$_1$.

Эксперимент Галилея

Именно такой случай обнаружен в эксперименте Галилея, «опровергнувшим» тезис Аристотеля о неравенстве ускорений тел, обладающих различными массами.

Эксперимент, выполненный в СО$_1$, где тело 1 – Земля (объект с очень большой массой m_1), тело 2 – любой объект с малой массой m_2, показал, что в пределах точности измерений ускорение тела 2 *не зависит* от массы m_2.

В самом деле, при $m_1 \gg m_2$ присоединение массы m_2 к массе m_1, задающее переход от ИСО к СО$_1$, ввиду малости m_2 практически не изменяет m_1, т.е. ускорение $a'_{2ИСО}$, приобретаемое «галилеевским» пробным телом пренебрежимо малой массы m_2 относительно тела большой массы m_1 действительно не зависит от m_2.

Итак, результат Галилея относится к *частному* случаю взаимодействия тел с существенно неравными массами.

Он устанавливает фактически способ определения CO_1 в качестве местной ИСО относительно некоторых, вполне определенных для данной CO_1 и данной точности измерений *галилеевских* объектов с помощью самих этих объектов.

Его заключение таково: «Данный эксперимент устанавливает, что для данных галилеевских объектов данное небесное тело является телом достаточно большой массы m_1, чтобы его CO_1 для данных галилеевских объектов и при данной точности измерений могла быть принята в качестве местной ИСО».

Для тела 1 с малой массой m_1 или тела 2 с большой массой m_2 он бы получил другой результат, чтобы констатировать в свою очередь: «Эксперимент устанавливает, что для данных объектов данная CO_1 с точностью, определяемой точностью измерений, не может считаться местной ИСО» или иначе: «Данные объекты относительно ИСО = CO_1 с точностью, определяемой точностью измерений, не могут считаться галилеевскими объектами, имеющими бесконечно малую массу m_2 относительно m_1 ».

Посмотрим теперь, как выглядит эксперимент Галилея в общем случае, вначале для произвольной массы m_2 , затем для произвольной массы m_1 .

Определим предварительно требуемые условия проведения эксперимента.

Пусть мы желаем наблюдать падение тела 2' большой массы в два раза быстрее падения тела 2" галилеевской массы.

Это значит, что за время прохождения телом 2' пути H , где H – высота Пизанской башни, тело 2" проходит путь $\frac{H}{2}$.

Поэтому в CO_1, где тело 1 - Земля (объект много большей массы m_1) тела 2' и 2" имеют разные ускорения $a_{2'CO_1}$, $a_{2''CO_1}$, причем $a_{2'CO_1} = 2a_{2''CO_1}$.

Поскольку ускорение любого тела 2 в CO_1 равно: $a_{2ИСО} = a_{1ИСО} + a_{2ИСО}$, то имеем: для галилеевского объекта $m_{2''} \ll m_1$, $(a'_{2ИСО})_{2''} = a_{2ИСО}$.

Для искомого объекта большой массы m_2 :

$(a'_{2ИСО})_{2'} = 2(a'_{2ИСО})_{2''} = 2a_{2ИСО}$.

Но $(a_{2ИСО})_{2'} = (a_{1ИСО})_{2'} + a_{2ИСО}$, следовательно $(a_{1ИСО})_{2'} + a_{2ИСО} = 2a_{2ИСО}$, $(a_{1ИСО})_{2'} = a_{2ИСО}$, т.е. $m_{2'} = m_1$.

Таким образом выясняется, что искомый объект 2' большой массы $m_{2'}$ и одинаковой геометрии с галилеевским объектом должен иметь массу $m_{2'}$, равную массе Земли m_1 (очевидно при этом, что бросать объекты 2' и 2" можно только поочередно, а после броска тела 2' убирать его куда-нибудь подальше, скажем, за орбиту Луны).

Поэтому полученное Галилеем равенство ускорений есть всего лишь результат «удачно» выбранных галилеевских объектов.

Оценим порядок величин, которые пытался обнаружить Галилей.

Пусть $m'_2 = 100\ кг$, $m''_2 = 0$.

Опережение ΔH телом 2' тела 2" в CO_1 составляет:

$$\Delta H = \frac{t^2}{2}(a_{2'CO1} - a_{2''CO1}),$$

где $a_{2''CO1} = a_{2ИСО}$, $a_{2'CO1} = a_{1ИСО} + a_{2ИСО}$, т.е. $\Delta H = \frac{t^2}{2} a_{1ИСО}$.

При $t = (\frac{2H}{a_{2ИСО}})^{0,5} = (\frac{2 \times 56 \times 10^2}{980})^{0,5} = 3,38$ с,

$$a_{1ИСО} = \frac{m_2}{r^2} = \frac{3,987 \times 10^{20} \frac{см^3}{с^2} \times 10^5 г}{6,378 \times 10^8 см} = 1,64 \times 10^{-20} \frac{см}{с^2}.$$

Откуда $\Delta H = 9,37 \times 10^{-20} см \approx 1 \times 10^{-19} см$.

Если теперь выбрать в качестве тела 1 тело пренебрежимо малой массы $m_1 << m_2$, то при измерениях в CO_1 галилеевский объект массой $m'_2 = 2m''_2$ *действительно* обладает в 2 раза большим ускорением $a_{2CO1} = 2a_{2''CO1}$, в полном *соответствии* с «опровергаемым» положением Аристотеля.

Для этого достаточно обеспечить при массе дробинки $m''_2 = 100$ *г* и ядра $m'_2 = 100$ *кг* массу Земли, вместе с находящейся на ней Пизанской башней и экспериментатором-физиком, равную, скажем, $m_1 = 1$ *г*.

При этом, однако, возникает новая трудность: при $a_{2CO1} = a_{1ИCO} + a_{2ИCO}$ и $a_{2ИCO} = 0$ имеем: $a_{2CO1} = a_{1ИCO} = 1{,}64 \times 10^{-20} \frac{см}{с^2}$.

При таком ускорении a_{2CO1} путь $H = 56$ *м* будет пройден за время t, равное:

$$t = (\frac{2{,}56 \times 10^2}{1{,}64 \times 10^{-20}})^{0,5} = 8{,}26 \times 10^{11} с = 2{,}62 \times 10^4 \, лет,$$

т.е. воображаемый Галилей не доживет до конца эксперимента, а за время жизни реального Галилея $t_Г \approx 10^2$ *лет* пройденная высота Пизанской башни составит:

$$H = \frac{1{,}64 \times 10^{-20} \times 365 \times 24 \times 3600 \times 10^2}{2} = 2{,}58 \times 10^{-11} см$$

так что требуемая точность измерений ΔH все еще будет составлять порядка $\Delta H = 10^{-12} см$.

Если считать, что такая точность измерений не достижима на практике, то тем более недостижима точность измерения по программе “Галилей” за время наблюдения $t = 3{,}38$ *с*, равное времени наблюдения реального Галилея:

$$H = \frac{1{,}64 \times 10^{-20} \times 3{,}38}{2} = 2{,}8 \times 10^{-20} см.$$

При этом экспериментатор рискует вновь прийти к неверному выводу: «ускорение тел не зависит от их массы» и даже в усугубленном виде «перемещения тел не зависят от массы».

Итак, положение Аристотеля относится к *другому частному случаю* обратного соотношения масс $m_1 << m_2$ при измерениях в CO_1.

Фактически результат Аристотеля реализуется в самом эксперименте Галилея при переходе от CO_1 к CO_2, образующем своего рода «инверсию» точки зрения.

Таким образом, оба положения: Аристотеля – «ускорение тела пропорционально массе тела» и Галилея – «ускорение тела не зависит от массы тела» действительно относятся к одному и тому же частному случаю взаимодействия тел 1, 2 с существенно неравными массами.

При этом, однако, для $m_1 >> m_2$ результат Галилея реализуется в CO_1, а результат Аристотеля – в CO_2.

Оба «взаимоисключающие» положения оказываются *верными*, относятся к одному и тому же частному случаю взаимодействия и «подтверждаются» одним и тем же экспериментом, но только лишь в *разных СО*.

В общем же случае верным является положение Ньютона: «В ИСО, для данной пары 1, 2, ускорение объекта 2 не зависит от его массы m_2».

Случай Ньютона

Пусть теперь оба тела 1 и 2 имеют не галилеевские большие массы.

Назовем их *ньютоновскими* объектами $1_Н, 2_Н$:

$m_{1Н} = k_1 m_{1Г}$,

$m_{2Н} = k_2 m_{2Г}$,

где $k_1, k_2 \to \infty$.

Пусть попрежнему $m_{1Н} >> m_{2Н}$, а $r \to \infty$.

Тогда поскольку $m_{1Н} >> m_{2Н}$, справедливо: $a_{1ИСО} << a_{2ИСО}$.

С учетом: $a_{1ИСО} = \dfrac{m_{2Н}}{r^2}$, $a_{2ИСО} = \dfrac{m_{1Н}}{r^2}$, поскольку $R \to \infty$, при некоторых $r > R$ оба ускорения $a_{1ИСО} \to 0$, $a_{2ИСО} \to 0$, все время оставаясь при этом $a_{1ИСО} << a_{2ИСО}$.

При некотором порядке малости, определяемом заданной точностью измерений, оба ускорения достигают значений, принимаемых за нулевые, причем $a_{1ИСО}$ достигает этого значения много раньше $a_{2ИСО}$:

$a_{1ИСО} = 0$, $a_{2ИСО} > 0$, $r \to \infty$, $r > R$.

Поскольку при этом $a_{1ИСО} = 0$, то ИСО таким образом вновь совмещается с $СО_1$. Другими словами при взаимодействии тел с ньютоновскими массами $m_{1Н}, m_{2Н}$ начиная с некоторого минимального $r > R$ (назовем его минимальным *ньютоновским* расстоянием $R_Н$) ИСО вновь, как и в случае галилеевского объекта $m_{2Г}$ приводится к $СО_1$.

Итак, при взаимодействии ньютоновского и галилеевского объектов $m_Н, m_Г$:

$m_Н > 0$, $m_Г > 0$,$m_Н = k m_Г$, $k \to \infty$, $a_{1ИСО} = 0$, $a_{2ИСО} > 0$, $ИСО = СО_1$,

при любом $r > 0$.

При взаимодействии двух ньютоновских объектов $m_{1Н}$,$m_{2Н}$ с существенно неравными массами $m_{1Н} >> m_{2Н}$:

$m_{1Н} > 0$, $m_{2Н} > 0$, $m_{1Н} >> m_{2Н}$, $a_{1ИСО} = 0$, $a_{2ИСО} > 0$, $ИСО = СО_1$, $r > R_Н$,

т.е. $ИСО = СО_1$ не при любом, а лишь начиная с некоторого ньютоновского расстояния $R_Н$, определяемого заданной точностью вычислений.

Определим теперь $R_Н$ как функцию от заданного соотношения масс $m_{1Н}$,$m_{2Н}$ и заданной точности вычислений.

Пусть $m_{1Н} >> m_{2Н}$, $(\dfrac{m_{1Н}}{m_{2Н}} >> 1)$.

В ИСО ускорения тел 1, 2 составляют:

$a_{1СО1} = 0 = a_{1ИСО} - a_{1ИСО}$,

$a_{2СО1} = a_{2ИСО} + a_{1ИСО}$.

Видно, что $a_{1СО1}$ и $a_{2СО1}$ отличаются от $a_{1ИСО}$ и $a_{2ИСО}$ только на величину $a_{1ИСО}$, т.е. сама $СО_1$ отличается от ИСО в пределах $\pm a_{1ИСО}$.

Если теперь $a_{1ИСО} << a_{2ИСО}$ (ввиду $m_{1Н} >> m_{2Н}$), то при определенной точности вычислений ею можно пренебречь, т.е. принять: $a_{1СО1} = 0$, $a_{2СО1} = a_{2ИСО}$.

При этом: $\Delta a_{1CO1} = \Delta a_{2CO1} = a_{1ИСО}$, где $\Delta a_{1CO1}, \Delta a_{2CO1}$ - погрешность приближения, вносимая заменой истинной ИСО приближенной $ИСО \approx CO_1$.

Поскольку $a_{1ИСО} = \frac{m_2}{r^2}$, имеем: $\Delta a_{1CO1} = \Delta a_{2CO1} = \frac{m_2}{r^2}$.

Откуда минимальное ньютоновское расстояние R_H, соответствующее допускаемой максимальной погрешности приближения

$\Delta a_{1CO1} = \Delta a_{2CO1} = a_{1ИСО}$, составляет: $R_H \geq (\frac{m_2}{\Delta a_{1CO1}})^{0,5} = (\frac{m_2}{\Delta a_{2CO1}})^{0,5} = (\frac{m_2}{a_{1ИСО}})^{0,5}$.

Например, в ньютоновской системе 1, 2, где тело 1 - Земля, $m_1 = 5{,}978 \times 10^{27} г$, тело 2 - Луна, $m_2 = 7{,}35 \times 10^{25} г$, $r = 3{,}84 \times 10^{10} см$, имеем:

$$a_{1ИСО} = \frac{m_2}{r^2} = \frac{6{,}67 \times 10^{-8} \times 7{,}35 \times 10^{25}}{(3{,}84 \times 10^{10})^2} = 3{,}32 \times 10^{-3} \frac{см}{c^2},$$

$$a_{2ИСО} = \frac{m_1}{r^2} = \frac{6{,}67 \times 10^{-8} \times 5{,}978 \times 10^{27}}{(3{,}84 \times 10^{10})^2} = 0{,}27 \frac{см}{c^2}.$$

Примем теперь CO_1 в качестве приближенной ИСО.

Получим: $a_{1CO1} = 0$, $a_{2CO1} = a_{2ИСО} = 0{,}27 \frac{см}{c^2}$.

При этом погрешность приближения составляет:

$$\Delta a_{1CO1} = \Delta a_{2CO1} = a_{1ИСО} \leq 3{,}32 \times 10^{-3} \frac{см}{c^2}.$$

При заданной погрешности приближения, например, $\Delta a_{1CO1} = \Delta a_{2CO1} = 10^{-2} \frac{см}{c^2}$ имеем:

$$R_H \geq (\frac{7{,}35 \times 10^{25} \times 6{,}67 \times 10^{-8}}{10^{-2}})^{0,5} = 2{,}2 \times 10^{10} см.$$

Поскольку реальное $r = 3{,}84 \times 10^{10} см$ удовлетворяет заданной погрешности приближения, принятие CO_1 в качестве приближенной ИСО в данном случае допустимо.

При меньшем допускаемом значении погрешности приближения, например, $\Delta a_{1CO1} = \Delta a_{2CO1} = 10^{-3} \frac{см}{c^2}$ минимальное ньютоновское расстояние для данной пары 1, 2 ньютоновских объектов составляет уже $R_H \geq 7 \times 10^{10} см$, что не обеспечивается в реальной паре, т.е. в данном случае принятие CO_1 в качестве приближенной ИСО не допустимо.

Ньютоновский вопрос, обычно выражаемый примерно так: «Является ли сила, действующая на расстоянии до Луны, силой того же рода, что и на поверхности Земли» или, в несколько уточненной формулировке: «Является ли сила, действующая на ньютоновский «большой» объект, находящийся на расстоянии до Луны, силой того же рода, что и действующая на галилеевский «малый» объект, находящийся, вообще говоря, на любом расстоянии, в том числе и на расстоянии до Луны», в форме наиболее отвечающей сути поисков Ньютона, может выглядеть еще и так: «Является ли ИСО двух ньютоновских «больших» объектов, находящихся на ньютоновских «больших» расстояниях друг от друга, той же самой, что и ИСО ньютоновского и галилеевского объектов, для которых $ИСО \equiv CO_1$ при любом (галилеевском или ньютоновском) расстоянии, где 1 - ньютоновский объект?».

Ответ такой:

– Да, если масса одного ньютоновского объекта много больше массы другого $m_1 >> m_2$, а ньютоновское расстояние R_H удовлетворяет соотношению:

$$R_H \geq (\frac{m_2}{\Delta a_{1CO1}})^{0,5} = (\frac{m_2}{\Delta a_{2CO1}})^{0,5},$$

т.е. достаточно велико, чтобы, в пределах точности вычислений, определяемой допускаемыми погрешностями $\Delta a_{1CO1}, \Delta a_{2CO1}$, можно было принять $a_{1ИСО} = 0$, а саму $ИСО \equiv CO_1$.

С указанной выше точностью именно такой случай имеет место в ньютоновских окрестностях Земли, что и позволило самому Ньютону понять то обстоятельство, что взаимодействие тел простирается на ньютоновские расстояния.

Следует, однако, помнить и другие возможные варианты ответа:

– Нет, если оба ньютоновских объекта близки друг другу по массе $m_{1H} \approx m_{2H}$, при любом расстоянии между ними, кроме $r \to \infty$, когда оба $a_{1ИСО}, a_{2ИСО} \to 0$, т.е. взаимодействие прекращается, вследствие чего в качестве местной ИСО может быть принята как CO_1, так и CO_2.

– Нет, если массы ньютоновских объектов удовлетворяют условию $m_1 >> m_2$, но ньютоновское расстояние R_H при заданной точности измерений, определяемой $\Delta a_{1CO1}, \Delta a_{2CO1}$,удовлетворяет соотношению:

$$R_H < (\frac{m_2}{\Delta a_{1CO1}})^{0,5} = (\frac{m_2}{\Delta a_{2CO1}})^{0,5}.$$

При наличии в ньютоновских окрестностях тела 1 с массой m_1 не одного тела 2, а множества тел $i \to \infty$ с массами m_i местная ИСО может быть найдена по отдельности для каждой пары $1, i$.

Если при этом тело 1 имеем массу $m_1 >> m_i$, то его CO1 с учетом $(R_H)_i$ и заданной точности приближения может быть принята в качестве местной ИСО для каждой заданной пары.

При этом CO_1 является совместной приближенной ИСО *системы*, образованной $(i+1)$ ньютоновскими взаимодействующими объектами.

Система Коперника

Именно такой случай обнаружен в масштабе солнечной системы, где тело 1 - Солнце, что и зафиксировано в гелиоцентрической системе описания движений небесных тел.

Открытие Коперника, до сих пор выражаемое в логически противоречивой форме: “Планеты обращаются вокруг Солнца” (поскольку движение *относительно* и определяется выбранной CO), в свете законов Ньютона выглядит иначе: “Солнце является ньютоновским объектом, масса m_C которого много больше массы m_i любой планеты, поэтому его CO1, с известной погрешностью приближения, может быть принята в качестве *совместной* ИСО солнечной системы”.

Действительно, для пары Солнце - Меркурий, $m_{1C} = 1,99 \times 10^{33} г$, $m_{2M} = 3,3 \times 10^{26} г$, $r = 5,8 \times 10^{12} см$:

$$a_{1ИСО} = \frac{6,67\times10^{-8}\times3,3\times10^{26}}{(5,8\times10^{12})^2} = 0,6\times10^{-6}\frac{см}{c^2},$$

$$a_{2ИСО} = \frac{6,67\times10^{-8}\times1,99\times10^{33}}{(5,8\times10^{12})^2} = 39,46\frac{см}{c^2}.$$

Для пары Солнце - Земля, где $m_{2З} = 5,978\times10^{27} г$, $r = 1,496\times10^{13} см$, аналогичные вычисления дают: $a_{1ИСО} = 1,8\times10^{-6}\frac{см}{c^2}$, $a_{2ИСО} = 0,6\frac{см}{c^2}$; для пары Солнце-Юпитер, где $m_{2Ю} = 1,9\times10^{30} г$, $r = 7,783\times10^{13} см$: $a_{1ИСО} = 2,1\times10^{-5}\frac{см}{c^2}$, $a_{2ИСО} = 2,19\times10^{-2}\frac{см}{c^2}$, и т.д.

Для трех указанных пар принятие СО1 в качестве приближенной местной ИСО сопровождается абсолютной погрешностью $\Delta a_{1СО1} = \Delta a_{2СО1} < 3\times10^{-5}\frac{см}{c^2}$.

При этом относительная погрешность δa_i для данной пары ньютоновских объектов $\delta a_i = (\frac{a_{1ИСО}}{a_{2ИСО}})_i$ составляет: для пары Солнце-Меркурий: $\delta a_М = \frac{0,6\times10^{-6}}{39,45} = 1,5\times10^{-8}$, для пары Солнце-Земля $\delta a_З = 3\times10^{-6}$; для пары Солнце-Юпитер $\delta a_Ю = 1\times10^{-3}$.

Однако, как бы ни была мала исходная погрешность приближения, соответствующая ей накопленная погрешность, например, при расчете текущего пространственного положения ньютоновских объектов определяется длительностью наблюдения и через определенный промежуток времени превысит погрешность определения фактического положения, что и обнаружится в виде несоответствия расчетному положению.

Поэтому истинная ИСО все же не является СО1 и все планеты вовсе не «обращаются вокруг Солнца», а вместе с ним - вокруг общего центра масс солнечной системы, как раз и образующего истинную ИСО.

А как это излагается в учебниках физики?

В работе [1] выявлена ошибочность понимания первого закона Ньютона (закона инерции), определяющего траекторию инерционных движений.

Посмотрим теперь, как физика понимает ИСО. Приведем всего лишь один пример, отражающий это понимание.

Цитата:

“Из определения механического движения как простого перемещения явствует, что это перемещение может происходить лишь ***относительно*** *каких-либо других материальных тел. Поэтому для того, чтобы получить возможность характеризовать движение какого-либо тела, прежде всего следует условиться, относительно какого другого тела (или группы неподвижных друг относительно друга тел) мы будем отсчитывать перемещение данного тела. Это тело (или группа тел) образует* ***систему отсчета****. Таким образом, каждое движение должно рассматриваться относительно какой-либо определенной системы отсчета. В разных случаях система отсчета может выбираться различным образом, но определенно характеризовать данное движение мы можем, только твердо выбрав систему отсчета. Например, бросив какой-либо предмет, мы можем рассматривать его движение относительно комнаты; в этом случае систему отсчета образуют стены, пол и другие части комнаты. Мы можем, однако, рассматривать движение того же тела и относительно Солнца или какой-либо определенной звезды, только мы должны*

вперед точно условиться, относительно чего именно мы рассматриваем движение нашего предмета” [2] (с. 17).

Здесь ключевая фраза ***“перемещение может происходить лишь относительно каких-либо других материальных тел”***, а ключевое слово ***“лишь”***. Этим все сказано.

Другими словами, движение относительно ***нематериальной точки пространства*** в этом мировоззрении даже ***не мыслится***. И это сказано через 3 века после Ньютона! Что означает все еще не состоявшееся понимание смысла ньютоновского переворота. Не только самим Ньютоном, но, в общем, и нашими современниками.

Еще цитата:

“Останавливаясь более подробно на первом законе Ньютона, надо поставить вопрос: относительно какой системы отсчета (какой координатной системы) устанавливается тот покой или то равномерное и прямолинейное движение, о котором идет речь в первом законе Ньютона. Сам Ньютон подразумевал, что речь идет о некотором абсолютном движении в абсолютном пространстве. Он писал: “Абсолютное пространство по всей своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным… Абсолютное движение есть перемещение тела из одного абсолютного его места в другое”. Такая точка зрения метафизична и не соответствует действительности. Свойства объективно существующего реального пространства определяются самой материей. Положение тел и их движение, как мы уже подчеркивали, могут быть определены лишь относительно других материальных тел; по отношению к различным телам одно и то же тело может двигаться по-разному.

Наблюдения показывают, что первый закон Ньютона справедлив не по отношению к каждой системе отсчета. Рассмотрим несколько примеров. Положим, что системой отсчета является прямолинейно и равномерно движущийся вагон. Тогда, если отвлечься от сотрясений, первый закон Ньютона выполняется: покоящиеся относительно вагона тела не приходят в движение без воздействия на них со стороны других тел и т.д. Но стоит вагону начать заворачивать, тормозить или ускорять ход, как появятся явные нарушения первого закона Ньютона: покоившиеся до того тела могут отклониться или упасть без видимого воздействия на них со стороны окружающих тел. Возьмем в качестве системы отсчета земной шар; в этом случае первый закон Ньютона выполняется гораздо точнее, чем в случае движущегося вагона, где даже при равномерном движении сказывается тряска, но и здесь достаточно тонкие наблюдения над некоторыми процессами (качание маятников, распространение воздушных и океанских течений и т.д.) выявляют отклонения от первого закона Ньютона или, вернее, от следствий из него. Но если мы выберем в качестве системы отсчета гелиоцентрическую систему, начало которой помещено на Солнце, а оси направлены на определенные звезды, то в таком случае первый закон Ньютона выполняется практически вполне точно. Система отсчета, по отношению к которой выполнен первый закон Ньютона, носит название ***инерциальной системы****. Сам первый закон Ньютона иногда называется* ***принципом инерции.***

Как указано, инерциальной системой практически вполне точно является гелиоцентрическая система; инерциальной будет также и всякая система, движущаяся относительно нее равномерно и прямолинейно.

Всякая же система, имеющая относительно одной из инерциальных систем ускорение, сама не будет инерциальной” (там же, с. 45).

Отвлечемся от выбранного сомнительного примера ***прямолинейного движения***, образуемого ***двумя вращениями*** - относительно центра Земли и вместе с ней – относительно Солнца.

А также и от того, что является отрицательной чертой науки: еще не выяснив толком, что это такое, сразу же начинать вести речь о разных его видах. Применительно к ИСО –

рассуждать о других ИСО. Как будто только о них еще и осталось что-то там еще выяснить. Этим намеренно затуманивается вопрос о незнании смысла самой ИСО, ИСО как таковой. Хотя бы одной из них. Что и называется уходить от вопроса.

В рассматриваемом примере интересно принятие вагона *в качестве ИСО*.

Если бы дело происходило в открытом пространстве, то это, вообще говоря, могло бы быть допустимо. Если, например, масса вагона 10 т, а масса тела 1 кг и оба они представлены точечной телами, расположенными на небольшом расстоянии друг от друга (а вовсе не помещением малого тела внутри большого, возможно, вблизи его центра масс). Только лишь в этом случае ИСО с известной точностью действительно может быть представлена СО вагона. Но дело то в том, что это происходит вовсе не в открытом пространстве, а на поверхности Земли, роль которой полностью упущена. Она же такова, что ИСО является СО именно Земли. Как раз поэтому в отсутствие трения выдергивание вагона из-под тела не изменяет положение этого тела в ИСО. Что и образует перемещение тела, покоящегося в ИСО, относительно вагона.

Так же неверно принятие СО Солнца в качестве ИСО. Солнце, конечно, гораздо массивней Земли, но и расстояние до него настолько превышает земной радиус, что создаваемое им ускорение 0,6 см/с^2 пренебрежимо в сравнении с ускорением 980 см/с^2, создаваемым самой Землей.

Здесь правильный ответ может быть только один. ИСО в данном случае является только СО Земли, именуемой также птолемеевской СО.

Оба эти неверных утверждения остаются незамеченными лишь потому, что никому и в голову не приходит посмотреть на них повнимательней, а не вполглаза.

Вот что еще в этом тексте привлекает внимание. В качестве ИСО принимается то Земля, а вместе с ней, стало быть, и *система Птолемея*, вроде бы опровергнутая Коперником, то Солнце и вместе с ним *система Коперника*. При этом остается совершенно не ясным, как и когда совершается переход от одной системы к другой. Поскольку победившими коперниканцами строжайшим образом табуировано даже само упоминание о том, что «опровергнутая» система Птолемая и до сих пор вовсю применяется в масштабе Земли, достигая даже Луны. Притом, что и сама система Коперника верна лишь для планет солнечной системы, а вовсе не для звезд, взаимодействующих с Солнцем. Или Галактики, где Солнце само является такой же «планетой». Не говоря уж об атомарных или внутриатомных движениях, в которых понятие ИСО и вовсе неясно. Тут даже придумано целое «объяснение»: в таком масштабе законы классической механики уже почему-то не действуют. Что попросту означает: сие покрыто мраком тумана.

И в заключение

Птолемей и Коперник, будучи, вероятно, современниками [3, 4], имели, в сущности, *одинаковое* мировоззрение, свойственное своему времени. Принять ли Землю или же Солнце в качестве неподвижной СО в общем-то *не существенно*.

Но даже и сам Ньютон, фактически учредивший принципиально иную ИСО, тоже, конечно, не понимал радикального значения ее открытия. Понятно почему.

Первый из его законов просто неверен, а третий является всего лишь определением физической величины силы. Четвертый же - закон всемирного тяготения стоит и вовсе особняком, без понимания его теснейшей связи с тремя другими.

Из их совокупности вытекает, что ***истинная ИСО вовсе не является неподвижной, а наоборот движущейся, причем ускоренно, относительно каждого из взаимодействующих тел!***

В этом и состоит величайшее мировоззренческое открытие, понимание которого ***до сих пор еще не достигнуто***.

А «неподвижные» земная или напротив солнечная СО - это всего лишь частные случаи «правильного» соотношения взаимодействующих масс и пространственного масштаба.

Птолемеевская система образована частью пространства, примыкающей к любому материальному объекту.

Она имеется даже у галилеевских объектов, хотя и вырождается в пленку нулевой толщины, покрывающей их поверхность.

У ньютоновских объектов это уже не пленка, а окружающая их сферическая часть пространства. С птолемеевским радиусом $R_{\text{П}}$, определяемым массой $m_{\text{Н}}$ ньютоновского объекта. Расположенного в ее центре.

В масштабе $R_{\text{П}}$ действие ньютоновских объектов на галилеевские объекты превышает действие Солнца. Поэтому здесь по-прежнему верна система Птолемея. И в этом масштабе она никогда не была и не может быть опровергнута никакими Коперниками.

И точно так же в коперниковском большом масштабе $R_{\text{К}}$ (масштабе солнечной системы), где солнечное воздействие превышает воздействие всех прочих ньютоновских объектов, с заданной точностью верна система Коперника. И ее тоже не опровергнет и не может опровергнуть никакой Птолемей. Но только за вычетом локальных частей пространства, примыкающих к самим ньютоновским объектам. Образующих множество птолемеевских зон.

Другими словами, система Коперника не является непрерывной. Охватываемое ею пространство напоминает головку сыра, содержащую множество планетарных «дыр» с центрами, образованными ньютоновскими объектами. Внутреннее пространство которых описывается системами Птолемея, независимыми между собой.

В этом и только этом смысле можно говорить о том, что система Коперника действительно опровергла систему Птолемея. Ошибочно экстраполируемую в чрезмерно большой для нее масштаб солнечной системы. Вблизи же ньютоновских объектов система Птолемея нисколько не пострадала, и можно даже сказать, что в точности так же опровергает систему Коперника. Добавим, что система Птолемея образована множеством локальных фрагментов, примыкающих к каждому ньютоновскому объекту. Обстоятельство, возможно, и вовсе не замечаемое участниками физических споров.

А в общем случае *не правы оба*, т.к. истинная ИСО не является ни земной, ни солнечной СО.

Поэтому исторический спор Птолемея-Коперника остается не завершенным до выяснения диапазонов масс и пространственного масштаба, в пределах которых каждая из систем с известной точностью является справедливой.

Это выяснение ставит, наконец, точку в этом затянувшемся и неадекватном историческом споре.

Литература:

1. Сомсиков А.И. «Закон инерции» **www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/8444.html** .
2. С.Э.Фриш, А.В. Тиморева «Курс общей физики» Том I. Физические основы механики. Издание шестое, исправленное. Государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва, 1955.
3. Г.В. Носовский, А.Т. Фоменко «Реконструкция всеобщей истории. Исследования 1999 – 2000 годов, Новая хронология» , ФИД «Деловой экспресс», Москва, 2000, с. 378 – 379.
4. Г.В. Носовский, А.Т. Фоменко «Введение в Новую Хронологию (Какой сейчас век?)», Изд. «Крафт», Москва, 2001, с. 98.