А. Ф. Потехин

Теоретическая механика

Методологическое введение в динамику:

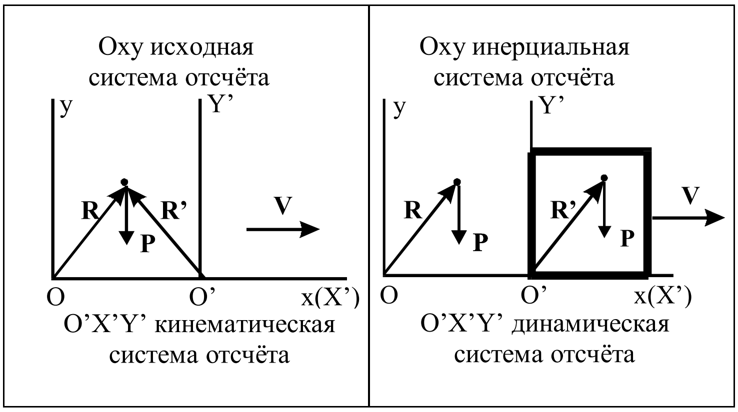
ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЁТА

А. Ф. Потехин

Теоретическая механика

Методологическое введение в динамику:

ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЁТА



ОДЕССА
«МАЯК»
2004

ББК 22.313

УДК 530.12+531.18+537.8

Проанализировано понятие инерциальных систем отсчёта. Показано, что в фундамент *Классической механики Ньютона* заложено понятие динамических инерциальных систем отсчёта, а в фундамент *Теории относительности Эйнштейна* заложено математическое понятие инвариантности (СТО) и ковариантности (ОТО) уравнений движения в кинематических неускоренных (СТО) и кинематических ускоренных (ОТО) системах отсчёта.

Проаналізовано поняття інерціальних систем відліку. Показано, що в фундамент *Класичної механіки* Ньютона закладено поняття динамічних інерціальних систем відліку, а в фундамент *Теорії відносності Ейнштейна* закладено математичне поняття інваріантності (СТВ) та коваріантності (ЗТВ) рівнянь руху в кінематичних неприскорених (СТВ) та кінематичних прискорених (ЗТВ) системах відліку.

П <u>**1604030000-005**</u> **Без оголош.**
217-2004
ISBN 966-587-104-8

Ошибочное представление об инерциальных системах отсчёта, которое проникло в учебную литературу после появления *Теории относительности Эйнштейна*, видно уже из следующего диалога.

Лектор: Уравнение колебаний материальной точки в инерциальной системе отсчёта имеет вид

$$m\ddot{x} = -cx - \mu\dot{x} \qquad (1)$$

Студент: То есть, во всех системах отсчёта, которые движутся друг относительно друга поступательно, равномерно и прямолинейно, это уравнение остаётся таким же?

Лектор: Да, именно так.

Студент: И эти системы отсчёта связаны друг с другом преобразованием Галилея?

$$x = x' + v_0 t, \qquad t = t' \qquad (2)$$

Лектор: Верно.

Студент: Но если мы применим преобразование (2) к уравнению (1), то получим иное уравнение

$$m\ddot{x}' = -cx' - \mu\dot{x}' - (cv_0 t + \mu v_0) \qquad (3)$$

Тогда здесь что-то не так. Или не все системы отсчёта, которые движутся друг относительно друга поступательно, равномерно и прямолинейно, инерциальные. Или не во всех инерциальных системах отсчёта уравнения механики имеют один и тот же вид.

Лектор ответил на вопросы студента в соответствии с существующей учебной литературой. Однако, ответив указанным выше образом, он попал в логическую ловушку неверного толкования понятия инерциальных систем отсчёта (см. Приложение). Ошибочно трактуя это понятие, заблуждаясь, лектор ввёл в заблуждение и своих студентов.

Различие между такими понятиями как кинематический и динамический принципы относительности [1], позволяет совершенно по иному осмыслить содержание и некоторых других базовых понятий физики, в частности, понятие инерциальных систем отсчёта [2] – [4].

Понятие системы отсчёта вводится в кинематике: это скрепленная с некоторым телом геометрическая система координат вместе с идеальными часами, с помощью которых определяется положение частиц (как геометрических точек), в пространстве в любой момент времени.

Понятие инерциальных систем отсчёта возникает в динамике. Рассмотрим некоторую физическую систему взаимодействующих между собою материальных частиц. Рассмотрим движение разных физических систем друг относительно друга. Систему отсчёта, связанную с центром масс рассматриваемой физической системы и движущуюся поступательно, назовём сопровождающей. Определим физическую систему как закрытую, если ей принадлежат только те тела, которые, взаимодействуя друг с другом, перемещаются также вместе со своей сопровождающей системой отсчёта. Например, закрытой Солнечной системе принадлежат все планеты, кометы и всё то, что удерживается полем тяготения Солнца. Закрытой системе тел Земли принадлежит все то, что удерживается полем тяготения Земли. Закрытой системе тел каюты корабля принадлежит всё то, что находится в ней и перемещается вместе с нею и т. д. Заметим, что приведенное определение закрытой физической системы не совпадает с понятием изолированной физической системы. В последнем случае в физическую систему должны быть включены все без исключения тела, взаимодействующие между собой. Всякая изолированная физическая система является закрытой, но обратное утверждение неверно. Например, упомянутая каюта корабля является закрытой, но не изолированной, так как все находящиеся в ней тела тяготеют к Земле, не включенной в систему тел каюты.

Пусть в каждой из закрытых физических систем наблюдаются только те процессы, которые происходят в этих же системах. Пусть в разных физических системах совершаются и наблюдаются полностью идентичные процессы. *Будем называть сопровождающие системы отсчёта закрытых физических систем инерциальными, если протекающие в них идентичные процессы происходят и наблюдаются одинаково.* Таково определение инерциальных систем отсчёта по физическому признаку. Можно определить эти системы отсчёта и по математическому признаку. *Будем называть сопровождающие системы отсчёта закрытых физических систем инерциальными, если протекающие в них идентичные процессы описываются одинаково.* Это обозначает, что уравнение движения какого-либо процесса в одной из инерциальных систем отсчёта получается из уравнения движения такого же процесса в другой инерциальной системы отсчёта только лишь заменой обозначений их координат и времени. При этом не имеет значения, описываются ли эти процессы в явной (непосредственной зависимостью координат от времени) или неявной (дифференциальными или интегральными уравнениями с соответствующими начальными и граничными условиями) форме. В последнем случае описание идентичных процессов предполагает как идентичность дифференциальных или интегральных уравнений, которые описывают эти процессы, так и идентичность соответствующих начальных и граничных условий.

Руководствуясь приведенным определением инерциальных систем отсчёта, только с помощью экспериментов можно выявить, существуют или нет такие системы отсчёта, а если существуют, то только с помощью экспериментов можно найти необходимый и достаточный критерий того, что данная система отсчёта является инерциальной. Такой критерий был выявлен ещё Ньютоном.

Известно, что сначала Ньютоном была создана Механика неба, то есть механика движения планет, и лишь потом Механика земных тел. Поэтому, Ньютон сначала сформулировал свои законы в Гелиоцентрической системе отсчёта Коперника, которую он абстрагировал затем до понятия «абсолютно неподвижного пространства». Далее Ньютон обратил внимание на чрезвычайно важный экспериментальный факт, который впервые описал Галилей, известный сегодня как «Принцип относительности Галилея» или «Принцип относительности Галилея-Ньютона». Этот принцип Ньютон формулирует в Следствии V своих “Начал”: “*Относительные движения друг по отношению к другу тел, заключенных в каком-либо пространстве, одинаковы, – покоится ли это пространство или движется равномерно и прямолинейно без вращения*” [5]. При этом следует учесть следующее замечание Ньютона: “*Тело, движущееся в подвижном пространстве, участвует и в движении этого пространства, поэтому тело, движущееся от подвижного места, участвует в движении своего места*” [5]. Эти два утверждения Ньютона можно объединить и принцип относительности Галилея-Ньютона сформулировать так: "*Идентичные процессы в разных физических лабораториях, как закрытых физических системах, которые движутся друг относительно друга поступательно, равномерно и прямолинейно, происходят, наблюдаются и описываются одинаково*" Этот принцип можно сформулировать и так: "*Никакими опытами в закрытых физических системах нельзя обнаружить их поступательное, равномерное и прямолинейное движение друг относительно друга*".

Принцип относительности Галилея чрезвычайно важен. Он позволяет применять законы Ньютона не только в "абсолютно покоящейся" системе отсчёта, но и в любых закрытых физических лабораториях (связанных с ними инерциальных системах отсчёта), которые движутся поступательно, равномерно и прямолинейно относительно сферы удалённых звёзд (и, как следствие, друг относительно друга). Далее, говоря об инерциальных системах отсчёта, всегда имеется в виду, что условие их поступательного, равномерного и прямолинейного движения относительно сферы удалённых звёзд всегда выполняется.

Таким образом, принцип относительности Галилея-Ньютона не только подтверждает существование инерциальных систем отсчёта, удовлетворяющих сформулированным выше признакам, но и даёт необходимые и достаточные условия для их выделения: "*Сопровождающие системы отсчёта, которые, во-первых, движутся поступательно, равномерно и прямолинейно относительно сферы удалённых звёзд, следовательно, и друг относительно друга и, во-вторых, связаны с закрытыми физическими системами, будут* *инерциальными для каждого из процессов, который происходит в этих закрытых системах*".

Такое понимание инерциальных систем отсчёта, заложенное Ньютоном в фундамент классической механики, оставалось единственным на протяжении более чем двух веков и после Ньютона. Например, в учебнике Суслова Г. К. читаем: "*Системы отсчёта, для которых справедливо основное уравнение динамики* $m\overline{a} = \overline{F}$ *называются инерциальными...Очевидно, основное уравнение динамики не может дать способ, который бы позволил отличить одну инерциальную систему от другой, ибо любое механическое явление описывается* ***одним и тем же*** *уравнением во всех инерциальных системах*" [6, с. 233]. Ещё в 40-х годах в прижизненных изданиях учебника Бухгольца, читаем: "*Если движение точки при отсутствии действующих на неё сил происходит согласно первому закону Ньютона, то движение называется инерциальным, а система отнесения, по отношению к которой имеет место первый закон Ньютона, - инерциальной системой...Если система* B *движется относительно системы* A *инерциально, основное уравнение динамики в обоих системах пишется* ***одинаково****. Следовательно, в этом случае никакие механические явления,* ***происходящие в системе*** B*, не могут обнаружить её движение относительно системы* A*. В этом и состоит принцип относительности движения в смысле классической механики*" [7, с.76-77]. Такого же понимания инерциальных систем отсчёта придерживались вначале как сам Эйнштейн, так и сторонники его теории. Например, в книге В. Паули, которая "*принадлежит к числу лучших и наиболее известных монографий по теории относительности*" [8, с.5], читаем:

Отрицательный результат многих опытов, поставленных с целью обнаружить влияние движения Земли на различные процессы ***путём измерения на ней самой****, позволяет почти с достоверностью утверждать принципиальную независимость любых явлений в движущейся системе от поступательного движения этой системы в* ***целом****. Точнее можно сказать, что имеется троекратно бесконечное множество равномерно и прямолинейно движущихся друг относительно друга систем отсчёта,* ***в которых*** *все явления протекают одинаково. Мы будем, следуя Эйнштейну, называть такие системы галилеевыми, так как в них соблюдается закон инерции Галилея*" [8, с. 17].

Принцип относительности Галилея, как фундаментальное понятие, является неотъемлемой частью системы аксиом Ньютона. Лишь после того, как в соответствии с этим принципом определены инерциальные системы отсчёта, для каждой из них можно формулировать законы Ньютона, начиная с первого, закона инерции. Этот закон сформулирован Ньютоном как отдельное утверждение о том, что в инерциальной системе отсчёта не нужна сила для сохранения скорости изолированной, но принадлежащей рассматриваемой закрытой физической системе, материальной частицы. Первый закон Ньютона является следствием принципа относительности Галилея, но не заменяет этого принципа.

Именно экспериментами выявлено, что в каждой из определённых выше инерциальных систем отсчёта справедливы законы Ньютона, а идентичные процессы в них происходят, наблюдаются и описываются одинаково. Если в одной из инерциальных систем отсчёта некоторый процесс описывается выражением $f(x,y,z,t)=0$, то в другой инерциальной системе отсчёта такой же процесс описывается таким же выражением $f(x',y',z',t')=0$, то есть в этих выражениях меняется лишь обозначения координат и времени. **В уравнение движения любых физических процессов в каждой из инерциальных систем отсчёта никогда не входит скорость её движения относительно других систем отсчёта**.

В современной научной и учебной литературе существуют такие принципиальные ошибки в определении инерциальных систем отсчёта.

<u>Ошибка первая</u> – определение критерия существования динамических инерциальных систем отсчёта лишь по кинематическому критерию: *Существуют системы отсчёта, в которых свободное движение тел происходит с постоянной по величине и направлению скоростью. Такие системы отсчёта называются инерциальными, а утверждение об их существовании составляет закон инерции*" [9, с. 14]. Такой, сугубо кинематический, критерий является необходимым, но не достаточным признаком того, что данная система отсчёта является инерциальной. Вернёмся к приведенному вначале диалогу.

Пусть привязанная к физической лаборатории система отсчёта $Oxyz$ является инерциальной. Пусть в сосуде с жидкостью, который покоится в этой системе отсчёта, совершаются свободные колебания материальной точки. Если начало этой системы отсчёта совмещено с концом недеформированной пружины, то уравнение колебаний имеет вид (1). В правой части этого уравнения принята во внимание равнодействующая сила $\overline{F}$ взаимодействия материальной частицы соответственно с упругой средой и жидкостью.

Пусть геометрическая система отсчёта $Ox'y'z'$ связана с тележкой, которая движется относительно нашей лаборатории поступательно, равномерно и прямолинейно со скоростью v_0, при этом оси Ox и Ox' совпадают. Тогда применив кинематические преобразованием Галилея (2) к (1), получим уравнение (3) тех же колебаний материальной точки, которые совершаются в физической лаборатории $Oxyz$, относительно штрихованной, кинематической системы отсчёта тележки. При этом заметим, что преобразование Галилея (2), как и любое кинематическое преобразование при переходе от одной системы отсчёта к другой, имеет смысл лишь тогда, когда рассматривается движение одной и той же точки относительно разных систем отсчёта.

Видим, что уравнения (1) и (3) движения одной и той же материальной точки в штрихованной и нештрихованной системе отсчёта, имеют разный вид. Это обусловлено отличием выражений для **одной и той же** равнодействующей силы взаимодействия материальной частицы с упругой средой и жидкостью в координатах различных систем отсчёта. Таким образом, наличие взаимного поступательного, равномерного и прямолинейного движения систем отсчёта не является достаточным признаком того, что они являются инерциальными.

Пусть вместе с тележкой движется другой, но такой же сосуд с колеблющейся материальной точкой. Тогда для этой материальной точки штрихованная система отсчёта тележки является уже инерциальной и дифференциальное уравнение её колебаний в штрихованной системе отчёта имеет такой же вид, как и в нештрихованной

$$m\ddot{x}' = -cx' - \mu\dot{x}' \qquad (4)$$

Поскольку мы проводим идентичные опыты, то и начальные условия в штрихованной системе отсчёта назначаются такими же, как и в нештрихованной. Таким образом, уравнения движения в штрихованной инерциальной системе отсчёта получаются из уравнений движения в нештрихованной инерциальной же системы отсчёта заменой нештрихованных координат и времени на штрихованные. Именно в этом и заключается специфическая особенность и преимущество динамических инерциальных систем отсчёта по сравнению с неинерциальными. (Мы не касаемся здесь вопроса о «вложенных» инерциальных систем отсчёта, который требует отдельного рассмотрения – [3], [4]).

<u>Ошибка вторая</u> – определение инерциальных систем отсчёта по математическому критерию инвариантности уравнений движения относительно преобразования систем отсчёта.

Эта ошибка вытекает из предыдущей. Она связана с отождествлением динамического принципа относительности Галилея-Ньютона с инвариантностью математического выражения относительно кинематических преобразований Галилея: “*Оказывается, однако, что различные инерциальные системы отсчёта эквивалентны не только по отношению к свойствам свободного движения. Опыт показывает, что справедлив так называемый принцип относительности. Согласно этому принципу все законы природы одинаковы во всех инерциальных системах отсчёта. Другими словами (? – А. П.),* ***уравнения****, выражающие зако-*

*ны природы, **инвариантны** по отношению к преобразованию координат и времени от одной инерциальной системы отсчёта к другой. Это значит, что уравнения законов природы, будучи выражены через координаты и время в различных инерциальных системах отсчёта, имеют один и тот же вид…Принцип относительности Галилея **требует инвариантности** (? – А. П.) законов природы по отношению к преобразованию Галилея*” [9, С. 15-16]. Таким образом, утверждается: если в одной из инерциальных систем отсчета некоторый закон природы имеет вид $f(x, y, z, t) = 0$, то другая система отсчёта также будет инерциальной, если после преобразования Галилея (2), получим относительно неё тот же закон в том же виде, то есть $f(x', y', z', t) = 0$. Но инвариантность есть понятие математическое, связанное лишь с формой записи одного и того же уравнения движения одного и того же процесса относительно различных кинематических систем отсчёта. Один и тот же закон природы может быть записан как в инвариантной, так и в неинвариантной форме. Покажем это на примере.

Рассмотрим закон всемирного тяготения Ньютона для двух материальных частиц A и B, который формулируется безотносительно к каким-либо системам отсчёта

$$F = \gamma \frac{m_A \cdot m_B}{\left(\overline{AB}\right)^2} \qquad (5)$$

В координатной форме этот же закон, в общем случае, можно записать в виде

$$F = \gamma \frac{m_A \cdot m_B}{\left(\bar{r}_B - \bar{r}_A\right)^2} \tag{6}$$

в частном же случае, когда начало системы координат совмещено с точкой A, в виде

$$F = \gamma \frac{m_A \cdot m_B}{\left(\bar{r}_B\right)^2} \tag{7}$$

Обе эти формы записи правомерны. Однако, применяя преобразование Галилея

$$\bar{r} = \bar{v}_0 t + \bar{r}', \quad t = t' \tag{8}$$

получим, что форма записи (6) закона всемирного тяготения (5) инвариантна относительно этого преобразования, в то время как форма записи (7) – неинвариантна. Таким образом, один и тот же закон природы может быть записан как в инвариантной, так и в неинвариантной форме. Поэтому инвариантность относительно тех или иных кинематических преобразований систем отсчёта не может быть признаком их инерциальности. Ошибочным является также утверждение, что "*принцип относительности Галилея* ***требует инвариантности*** *законов природы по отношению к преобразованию Галилея*" [9].

Ошибка третья –выделение инерциальных систем отсчёта и " математическое доказательство" экспериментального принципа относительности Галилея как следствий из основного уравнения динамки относительного движения материальной точки.

Эта ошибка является следствием двух предыдущих. Известно, что основное уравнение динамики относительного движения точки доказывается с помощью кинематического соотношения для абсолютного ускорения точки при её сложном движении. Одна из систем отсчёта (нештрихованная) принимается за неподвижную и с нею связывается геометрическая среда S. Вторая (штрихованная) система отсчёта принимается за подвижную и с нею связывается геометрическая среда $\sum$. Далее рассматривается движение **одной и той же** геометрической точки относительно каждой из этих систем отсчёта. В этом и только в этом случае остаётся верным преобразование

$$\bar{r} = \bar{r}_{0'} + \bar{r}', \qquad t = t' \tag{9}$$

где $\bar{r}$ и $\bar{r}'$ – радиус-векторы одной и той же точки в нештрихованной и штрихованной системах отсчёта, $\bar{r}_{0'}$ – радиус-вектор начала подвижной системы отсчёта относительно неподвижной.

Далее делается одно динамическое допущение: предполагается, что система отсчёта среды S является инерциальной. В таком случае, основное уравнение динамики материальной точки в этой системе отсчёта имеет вид:

$$m\bar{a}^{a} = \bar{F}(t, \bar{r}, \vec{v}) \tag{10}$$

Каких-либо иных дополнительных допущений не предполагается, а только используется кинематическое соотношение между абсолютным ускорением точки и её ускорениями переносным, относительным и кориолисовым

$$\bar{a}^{a} = \bar{a}^{e} + \bar{a}^{r} + \bar{a}^{k}, \tag{11}$$

которое получается с помощью преобразования (9). В результате получаем основное уравнение динамики точки относительно кинематической системы отсчёта среды $\sum$

$$m\bar{a}^{r} = \bar{F}(t', (\bar{r}_{0'} + \bar{r}'), (\bar{v}^{e} + \bar{v}^{r})) + \bar{J}^{e} + \bar{J}^{k} \tag{12}$$

или

$$m\bar{a}^{r} = \bar{F}'(t', r', \bar{v}') + \bar{J}^{e} + \bar{J}^{k} \qquad (13)$$

где

$$\bar{F}'(t', \bar{r}', \bar{v}') = \bar{F}(t', (\bar{r}_{0'} + \bar{r}'), (\bar{v}^{e} + \bar{v}^{r})) \qquad (14)$$

Получили, что математические выражения для одной и той же силы $\bar{F}$, но через координаты разных систем отсчёта, различно. То есть, функция $\bar{F}$ меняет свой вид после преобразования (9). Подчеркнём, что меняется не сама физическая сила $\bar{F}$, а лишь её математическое выражение через координаты различных систем отсчёта.

Рассмотрим теперь тот частный случай, когда геометрическая среда $\sum$ движется поступательно, равномерно и прямолинейно со скоростью $\bar{v}_0$ относительно среды S. Тогда преобразование (9) становится преобразованием Галилея (8), а уравнение (13) принимает вид

$$m\bar{a}^{r} = \bar{F}'(t', r', \bar{v}') \qquad (15)$$

Из сравнения (10) и (15) видно, что в случае, когда кинематические системы отсчёта движутся поступательно, равномерно и прямолинейно относительно некоторой инерциальной системы отсчёта, основное уравнение динамики материальной точки относительно них имеет такой же по форме записи вид, как и относительно исходной инерциальной. Выражение же для силы $\bar{F}$ согласно (14), свой вид не сохраняет. Если уравнение сохраняет свой вид при некоторых математических преобразованиях, но не сохраняет выражения для функций, которые содержатся в этом уравнении, то такое уравнение называется ковариантным относительно данного преобразования. Таким образом, в этом случае основное уравнение динамики точки (10) лишь ковариантно относительно преобразований (8). Поэтому штрихованная система отсчёта, которая рассматривается в этом случае, не является инерциальной согласно сформулированному выше признаку.

В случае, когда сила $\overline{F}(t)$ не зависит от координат и скорости точки, то, согласно преобразованию (8), выражение для силы в штрихованных и нештрихованных координатах сохраняется. Если уравнение сохраняет не только свой вид при некоторых математических преобразованиях, но и сохраняет выражения для функций, которые содержатся в этом уравнении, то такое уравнение называется инвариантным относительно данного преобразования. Таким образом, в этом случае основное уравнение динамики (10) инвариантно относительно преобразований (8), т. е.

$$m\overline{a}^{r} = \overline{F}(t') \qquad (16)$$

Но и в этом случае кинематическая штрихованная система отсчёта не является инерциальной. Это объясняется тем, что если системы отсчёта инерциальные, то уравнение движения в одной из них получается из уравнения движения в другой заменой нештрихованных координат и времени на штрихованные независимо от формы записи этого уравнения – в явной или неявной. Если же мы от неявной (дифференциальной) формы уравнений движения (10) и (16) после их интегрирования перейдём к явной, то получим разные уравнения движения, так как одна и та же материальная точка относительно разных систем отсчёта, которые движутся друг относительно друга, никогда не будет иметь одинаковые начальные условия. Например, дифференциальное уравнение движения груза относительно инерциальной системы отсчёта поверхности Земли имеет вид

$$m\overline{a} = m\overline{g}, \qquad \overline{g} = const. \tag{17}$$

и инвариантно относительно преобразований Галилея для всех кинематических систем отсчёта, которые движутся поступательно, равномерно и прямолинейно относительно поверхности Земли. Но начальные условия для этого груза в таких систем отсчёта будут разными. Поэтому, если относительно одной из них груз будет двигаться вдоль прямой, параллельной $\overline{g}$, то относительно других систем отсчёта будет наблюдаться движение вдоль параболических траекторий. Иногда утверждают: если мы, после того как доказали инвариантность уравнения движения одной и той же материальной точки относительно разных систем отсчёта, создадим для неё одинаковые начальные условия в каждой из этих систем отсчёта, то получим как принцип относительности Галилея так и критерий существования инерциальных систем отсчёта. Но такое утверждение ошибочно. Как только мы создали одинаковые начальные условия, то уже имеем дело с разными материальными точками, для которых как общее преобразование (9), так и частное преобразование (8), не выполняются. Таким образом, или мы имеем одну материальную точку и инвариантность, но тогда её начальные условия относительно разных систем отсчёта различны. Или мы имеем дело с одинаковыми начальными условиями для каждой из материальных точек в разных системах отсчёта, но тогда нет инвариантности.

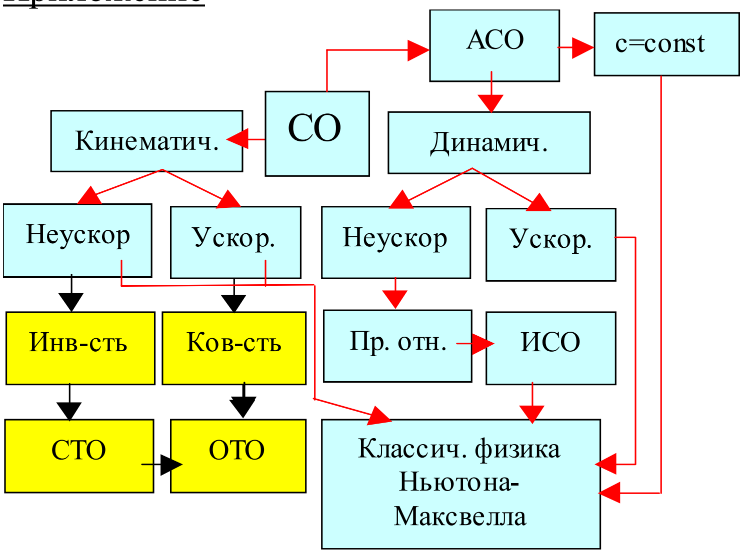
Выводы

1. Необходимый и достаточный критерий того, что рассматриваемая система отсчёта является инерциальной, даёт только динамический, экспериментально установленный, принцип относительности Галилея. В уравнение движения любых физических процессов в каждой из инерциальных систем отсчёта никогда не входит скорость её движения относительно других систем отсчёта.
2. В фундамент *Классической физики Ньютона-Максвелла* заложено динамическое понятие *инерциальных систем отсчёта*. В фундамент же *Теории относительности Эйнштейна* заложено формально-математическое понятие *инвариантности (СТО)* и *ковариантности (ОТО)* уравнений движения одного и того же процесса относительно преобразования движущихся друг относительно друга неускоренно (СТО) или ускоренно (ОТО) кинематических систем отсчёта.
3. В *Теории относительности Эйнштейна* ошибочно отождествлён динамический (физический) принцип относительности Галилея с кинематической (математической) инвариантностью уравнений движения относительно преобразований систем отсчёта и, как следствие, ошибочно отождествлены динамические инерциальные системы отсчёта с кинематическими неускоренными системами отсчёта. Поэтому данная теория не является теорией динамической. Как следствие, предсказания этой теории о том, что кинематический конвективный ток электрического заряда возбуждает физически регистрируемое магнитное поле (СТО), а свободный гладкий шарик на гладком столе устремится от оси вращения при вращении стола (ОТО), противоречит эксперименту – [3], [4].

Л и т е р а т у р а:

1. Potyekhin A. F. // Hadronic Journal Supplement (USA).- 1999. – V. 14. – P. 297-313.
2. Потєхин А.Ф. Короткий курс теоретичної механіки в запитаннях та відповідях з аналізом базових понять. Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вузів. – Одеса: ОДМУ, 2000.
3. Потехин А.Ф. Классическая теория относительности. – Одесса: Маяк, 2003.
4. Potjekhin A. F. Relativity in Physics. – Odessa: Majak, 2003.
5. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. – М: Наука, 1989.
6. Суслов Г. К. Теоретическая механика. – М-Л: Гостехиздат, 1946.
7. Бухгольц Н.Н. Курс теоретической механики, часть 3.– М-Л: Оборонгиз, 1939.
8. Паули В. Теория относительности. – М.: Наука, 1991.
9. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика. Электродинамика. – М.: Наука, 1969.

Приложение



Структурная схема систем отсчёта (СО)
в Классической физике
и Теории относительности Эйнштейна

Пояснения к структурной схеме.

1. Абсолютной системой отсчёта (АСО) $\sum^0$ называется система отсчёта, относительно которой экспериментально обнаруженное в мировом пространстве 2,7 К. излучение является однородным и изотропным. В первом приближении по Ньютону, АСО реализуется Гелиоцентрической системой отсчёта Коперника, привязанной к звёздам нашей Галактики, в следующем приближении – к центрам Галактик, далее – к центрам групп Галактик и т. д. В динамическом отношении АСО является выделенной и часто называется «неподвижной».

2. Если рассматриваемая система материальных частиц движется вместе с системой отсчёта $\sum$, которая, в свою очередь, движется относительно АСО $\sum^0$, то $\sum$ называется динамической системой отсчёта для данного процесса.

3. Если рассматриваемая система материальных частиц не принимает участия в переносном движении совместно с системой отсчёта $\sum'$, то последняя называется кинематической для данного процесса.

4. Динамические ускоренные (неускоренные) СО движутся ускоренно (неускоренно) по отношению к выделенной по динамическому признаку АСО (опыт Ньютона с ведром с водой, которое вращается вокруг своей оси симметрии).

5. В кинематике все системы отсчёта равноправны и кинематические ускоренные (неускоренные) СО движутся ускоренно (неускоренно) друг по отношению к другу.

6. В *Классической физике Ньютона-Максвелла* накладывается ограничение на динамические неускоренные системы отсчёта: в них выполняется экспериментально установленный *принцип относительности Галилея*. Такие системы отсчёта называются инерциальными (ИСО).

7. В *Теории относительности Эйнштейна* накладывается ограничение на форму записи уравнений движения: они должны быть *инвариантны* в кинематических неускоренных (СТО) и *ковариантны* в кинематических ускоренных (ОТО) системах отсчёта.

Наукове видання

Потєхін Анатолій Федорович

Методологическое введение в динамику: ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА
Російською мовою

Редактор Н.П. Белєнькова
Технічний редактор Г.Л. Кадрова
Коректор Н.П. Белєнькова

Віддруковано з оригінал-макету. виготовленого в комп'ютерному центрі видавництва "Маяк» та редакції газети «РІНО». Підписано до друку – 28.01.2004. Формат 84х108 1/32. Гарнітура "Times New Roman" Ум. друк. арк. 1,5. Ум. фарбовідб 1,5. Обл-вид. арк. !,0.
Тираж 1000 прим.

Всеукраїнське державне багатопрофільне видавництво "Маяк"

Редакція газети "РІНО" Тел.\факс 22-35-95
65026. м.Одеса. вул. Жуковського, 14
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи. Серія ДК №654 від 31.10.2001.

Потєхін Анатолій Федорович
П 22 Методологическое введение в динамику:
ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА: -
Одеса: Маяк, 2004. – 24 с.
ISBN 966-587-104-8

Проаналізовано поняття інерціальних систем відліку. Показано, що в фундамент *Класичної механіки Ньютона* закладено поняття динамічних інерціальних систем відліку, а в фундамент *Теорії відносності Ейнштейна* закладено математичне поняття інваріатності (СТВ) та коваріантності (ЗТВ) рівнянь руху в кінематичних неприскорених (СТВ) та кінематичних прискорених (ЗТВ) системах відліку.

П $\frac{1604030000\text{-}005}{217\text{-}2004}$ Без оголош.

ББК 22.313
УДК 530.12+531.18+537.8