Связь между координатами и временем в псевдоинерциальных системах отсчета

Кочетков Виктор Николаевич
главный специалист ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» (ФГУП «ЦЭНКИ»)
vnkochetkov@gmail.com
vnkochetkov@rambler.ru
http://www.matphysics.ru

В статье делается попытка установить связь между координатами и временем в псевдоинерциальных системах отсчета.

PACS number: **03.30.+p**

Содержание

1. Введение

В [1] было показано, что применение специальной теории относительности при рассмотрении линейных замкнутых механических систем тел, взаимодействие которых носит постоянный характер, может привести к невыполнению закона сохранения импульса в инерциальных системах отсчета.

А условием выполнения закона сохранения импульса является равенство бесконечности постоянной величины в преобразованиях Лоренца.

Предлагается использовать ход рассмотрения и выводы из [1] для определения связи между координатами и временем в псевдоинерциальных системах отсчета.

2. Описание псевдоинерциальных систем отсчета

Временно отойдем от привычной трехмерной модели инерциальной системы отсчета и рассмотрим одномерную модель инерциальной системы отсчета O_1x_1, состоящую из центра O_1 и оси x_1.

Допустим, что в одномерной инерциальной системе отсчета O_1x_1, пространство (точки, находящиеся на оси x_1) - однородно и время - однородно.

Однородное одномерное пространство можно представить в виде пространства, заключенного внутри бесконечно длинной трубки, внутренний радиус которой является бесконечно малой величиной, причем перемещение точек (тел) возможно только по оси O_1x_1.

Предположим, что, как показано на рис.1, имеются две одномерные инерциальные системы отсчета O_1x_1 и O_2x_2, у которых:

- оси x_1 и x_2 находятся на одной линии и одинаково направлены;

- система O_2x_2 движется относительно системы O_1x_1 с постоянной скоростью V;

- в качестве начала отсчета времени (t_1=0 и t_2=0) в обеих системах выбран тот момент, когда начала координат O_1 и O_2 этих систем совпадали.

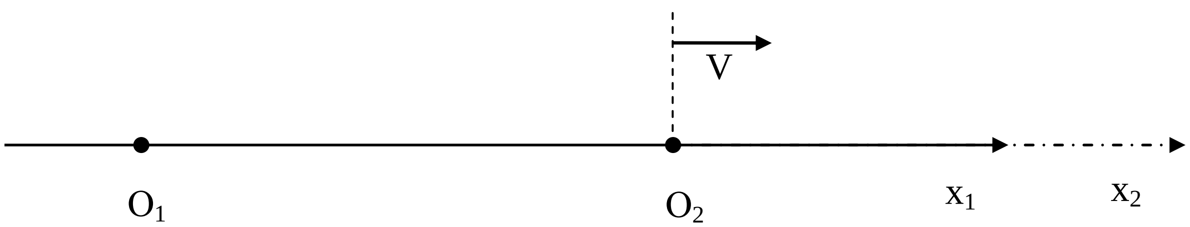

Рис. 1

Используя преобразования Лоренца [2], можно записать связь между координатой x_1 точки в момент времени t_1 в системе отсчета O_1x_1 и координатой x_2 этой же точки в системе отсчета O_2x_2 в момент времени t_2, соответствующий моменту времени t_1 в системе отсчета O_1x_1:

$$x_1 = \frac{x_2 + (V \cdot t_2)}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \quad (1)$$

$$x_2 = \frac{x_1 - (V \cdot t_1)}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \quad (2)$$

где: c – скорость света в вакууме.

В соответствии с преобразованиями скоростей [2] связь между скоростью V_2 движения точки в момент времени t_2 в системе отсчета O_2x_2 и скоростью V_1 движения этой же точки в системе отсчета O_1x_1 в момент времени t_1, соответствующий моменту времени t_2 в системе отсчета O_2x_2, выглядит в следующем виде:

$$V_2 = \frac{V_1 - V}{1 - \frac{V \cdot V_1}{c^2}} \quad (3)$$

$$V_1 = \frac{V_2 + V}{1 + \frac{V \cdot V_2}{c^2}} \quad (4)$$

С помощью формул (1) и (2) можно написать связь между значениями времен t_1 и t_2:

$$t_1 = \frac{t_2 + \frac{V \cdot x_2}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \quad (5)$$

$$t_2 = \frac{t_1 - \frac{V \cdot x_1}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \quad (6)$$

Как уже отмечалось, что однородное одномерное пространство можно представить в виде трубки.

Если эту трубку изогнуть и соединить ее концы, то из трубки можно получить тор.

Предположим, что этот тор является абсолютно жестким и масса его бесконечно большая.

Тогда в торе одномерные инерциальные системы отсчета O_1x_1 и O_2x_2 превратятся в одномерные псевдоинерциальные системы отсчета O_1l_1 и O_2l_2, показанные на рис. 2.

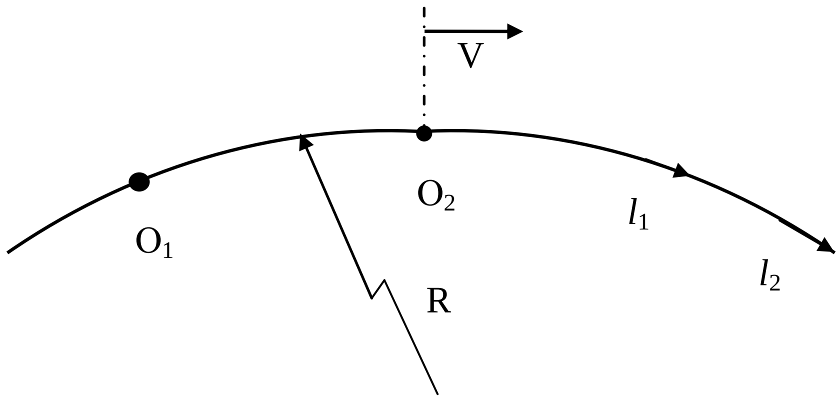

Рис. 2

У систем отсчета O_1l_1 и O_2l_2 оси l_1 и l_2 являются криволинейными (дугами окружности радиуса R).

Также предположим, что у одномерных псевдоинерциальных систем отсчета O_1l_1 и O_2l_2:

- оси l_1 и l_2 находятся на одной окружности радиуса R и одинаково направлены;

- система O_2l_2 движется относительно системы O_1l_1 с постоянной скоростью V;

- в качестве начала отсчета времени ($t_1=0$ и $t_2=0$) в обеих системах выбран тот момент, когда начала координат O_1 и O_2 этих систем совпадали.

Чтобы можно было рассматривать движение точек (тел) по осям l_1 и l_2, предполагается, что точки (тела), движущиеся внутри тора, не испытывают при своем движении сопротивления, т.е. импульс (скорость) точки (тела) при отсутствии воздействия сил, приложенных по осям l_1 и l_2, будет постоянным по абсолютной величине.

В одномерных псевдоинерциальных системах отсчета $O_1 l_1$ и $O_2 l_2$ пространство (точки, находящиеся на осях l_1 и l_2) - однородно и время - однородно.

По аналогии с преобразованиями Лоренца, можно записать связь между координатой l_1 точки в момент времени t_1 в системе отсчета $O_1 l_1$ и координатой l_2 этой же точки в системе отсчета $O_2 l_2$ в момент времени t_2, соответствующий моменту времени t_1 в системе отсчета $O_1 l_1$:

$$l_1 = \frac{l_2 + (\mathrm{V} \cdot t_2)}{\sqrt{1 - \frac{\mathrm{V}^2}{c^2}}} \tag{7}$$

$$l_2 = \frac{l_1 - (\mathrm{V} \cdot t_1)}{\sqrt{1 - \frac{\mathrm{V}^2}{c^2}}} \tag{8}$$

Связь между скоростью V_2 движения точки в момент времени t_2 в системе отсчета $O_2 l_2$ и скоростью V_1 движения этой же точки в системе отсчета $O_1 l_1$ в момент времени t_1, соответствующий моменту времени t_2 в системе отсчета $O_2 l_2$, выглядит в виде формул (3) и (4).

С помощью формул (7) и (8) можно написать связь между значениями времен t_1 и t_2:

$$\mathrm{t}_1 = \frac{\mathrm{t}_2 + \frac{\mathrm{V} \cdot l_2}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{\mathrm{V}^2}{c^2}}} \tag{9}$$

$$\mathrm{t}_2 = \frac{\mathrm{t}_1 - \frac{\mathrm{V} \cdot l_1}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{\mathrm{V}^2}{c^2}}} \tag{10}$$

В [1] использовалась замкнутая механическая система тел, испытывающих постоянное взаимодействие и совершающих прямолинейные движения.

Эта замкнутая механическая система тел, состоящая из пружины 3 и точечных тел 1 и 2, имеющих равные массы M_0 в состоянии покоя, показана на рис.3.

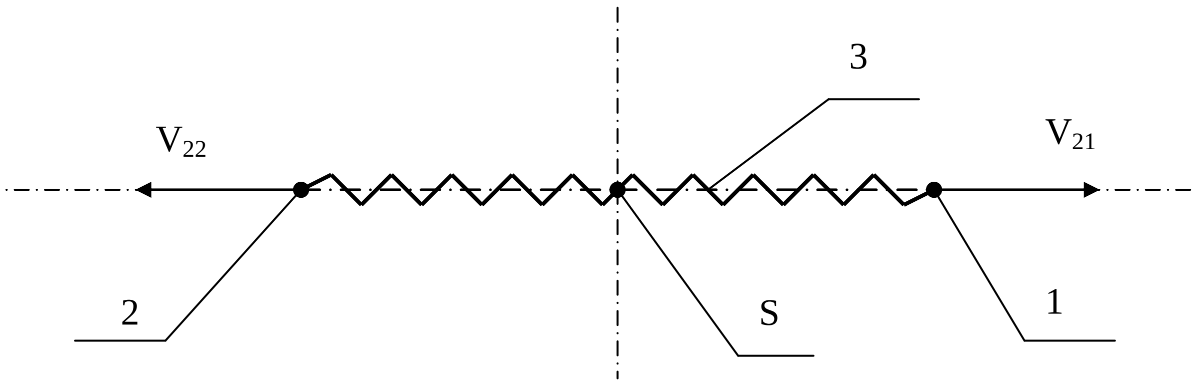

Рис. 3

Тела 1 и 2 соединены с абсолютно упругой пружиной 3, масса которой бесконечно мала по сравнению с массами тел 1 и 2.

Под действием пружины 3 тела 1 и 2 совершают симметричные линейные возвратно-поступательные движения относительно общего центра масс системы тел 1 и 2 - точки S.

Поместим замкнутую механическую систему тел 1 и 2 с пружиной 3 в псевдоинерциальную систему отсчета $O_2 l_2$ (во внутрь тора) таким образом, чтобы точка S была бы неподвижна в этой системе отсчета и совпадала с началом координат O_2, а тела 1 и 2 находились бы на оси l_2, как показано на рис. 4.

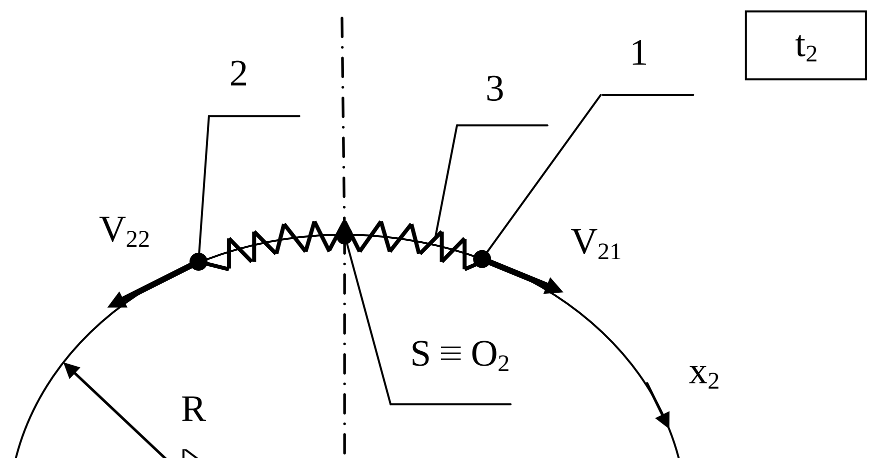

Рис. 4

В псевдоинерциальной системе отсчета $O_2 l_2$ тела 1 и 2 совершают симметричные движения, периодически повторяющиеся через время t_{2n} (период колебания системы тел 1 и 2 и пружины 3).

Предположим, что в момент начала отсчета времени ($t_2=0$) в системе отсчета $O_2 l_2$ пружина 3 полностью сжата, тела 1 и 2 находятся в состоянии покоя, причем тела 1 и 2, точка S и начало координат O_2 совпадают.

Для одного и того же момента времени t_2 в системе отсчета $O_2 l_2$ величины скоростей V_{21} и V_{22} движения тел 1 и 2 соответственно будут равны по абсолютной величине.

По аналогии с [1] зависимости скоростей движения V_{11} и V_{12} тел 1 и 2 соответственно от времени t_1 в одномерной псевдоинерциальной системе отсчета $O_1 l_1$ изображены на рис.5.

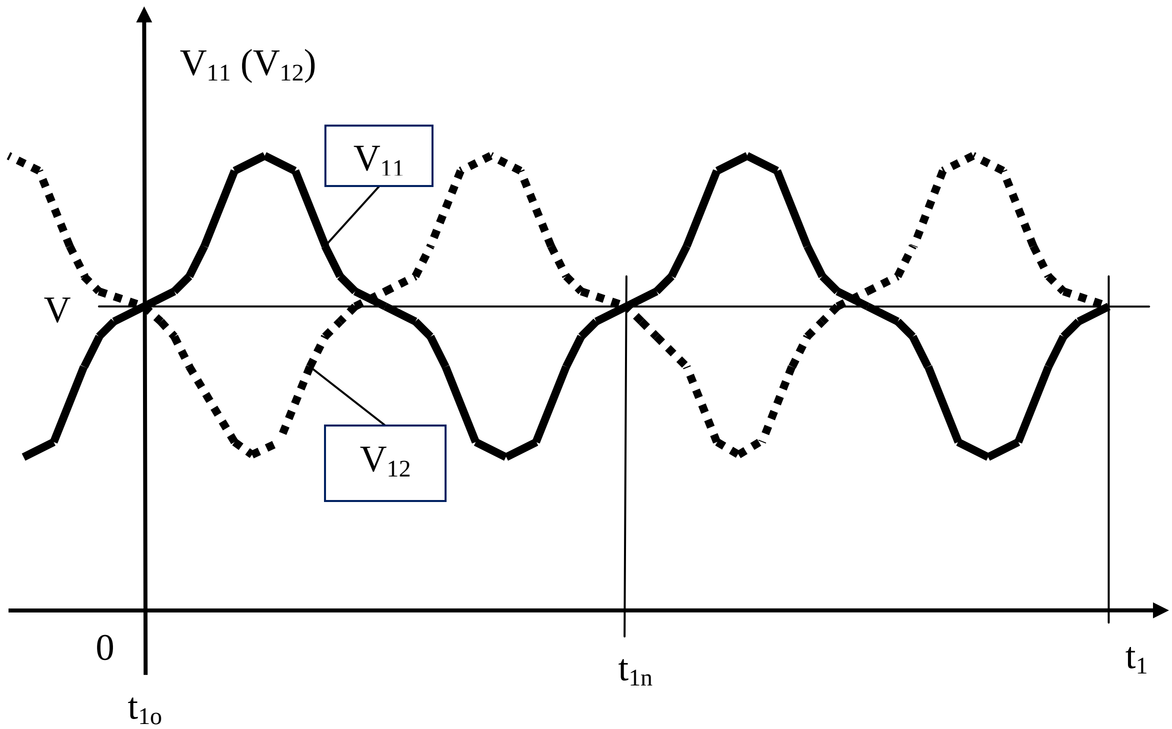

Рис.5

Зная зависимость импульса тела от скорости его движения [2] можно записать формулы для импульсов P_{11} и P_{12} тел 1 и 2 в системе отсчета $O_1 l_1$:

$$P_{11} = \frac{M_0 \cdot V_{11}}{\sqrt{1 - \frac{{V_{11}}^2}{c^2}}} \qquad (11)$$

$$P_{12} = \frac{M_0 \cdot V_{12}}{\sqrt{1 - \frac{{V_{12}}^2}{c^2}}} \qquad (12)$$

Учитывая рис.5, зависимость величины P_1, равной сумме абсолютных величин импульсов P_{11} и P_{12} тел 1 и 2, если скорость $V_{12t} > 0$ тела 2, или разности абсолютных величин импульсов P_{11} и P_{12} тел 1 и 2, если скорость $V_{12t} < 0$ тела 2, от времени t_1 в одномерной псевдоинерциальной системе отсчета $O_1 l_1$ будет выглядеть, как показано на рис.6.

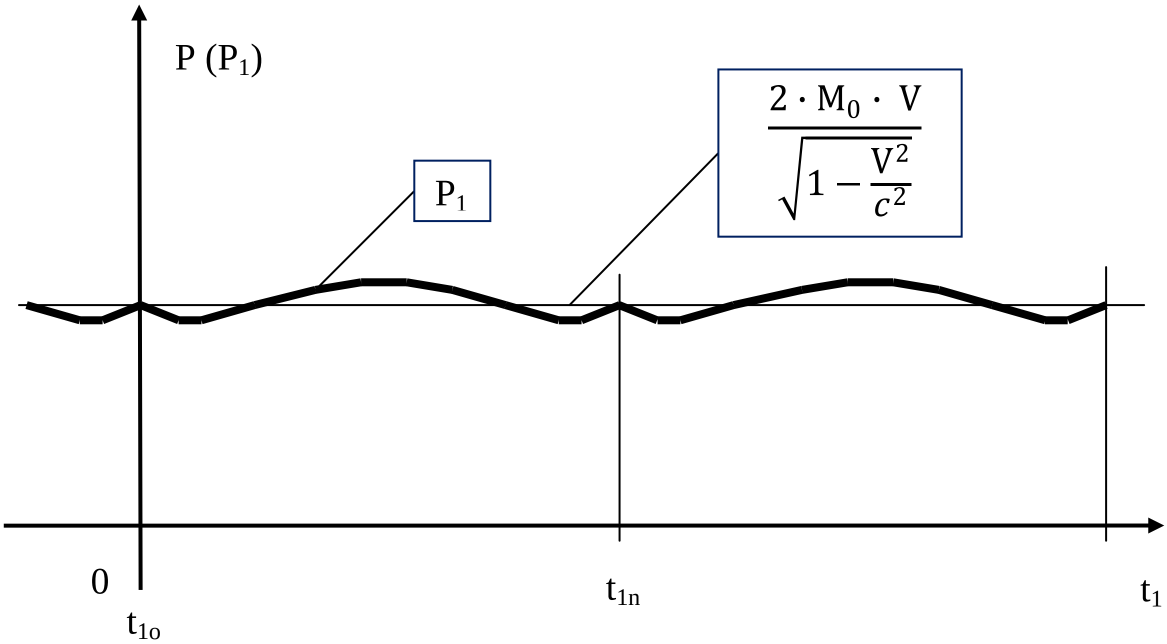

Рис.6

Из рис.6 видно, что в одномерной псевдоинерциальной системе отсчета $O_1 l_1$ замкнутая механическая система тел 1 и 2 (и пружины 3) имеет переменную во времени t_1 величину P_1 (т.е. величина P_1 этой замкнутой системы является функцией времени t_1).

По аналогии с использованием закона сохранения импульса, применяемого в [1], в рассматриваемом примере с одномерными псевдоинерциальными системами отсчета $O_1 l_1$ и $O_2 l_2$ воспользуемся постоянством величины P_1, вытекающим из однородности пространства и времени, отсутствия сопротивлению движению тел внутри тора и свойств тора: абсолютной его жесткости и бесконечно большой массы.

В итоге можно сделать вывод, что в одномерной псевдоинерциальной системе отсчета O_1l_1 применение специальной теории относительности при описании движения замкнутой механической системы тел, рассматриваемой в данном примере, приводит к тому, что величина P_1 зависит от величины момента времени t_1.

А этого, как и нарушения закона сохранения импульса в инерциальной системе отсчета, не должно происходить в одномерной псевдоинерциальной системе отсчета.

3. Условие выполнения равенства величины P_1

Чтобы проверить полученные выше результаты, нужно определить условие, при котором в одномерной псевдоинерциальной системе отсчета O_1l_1 для замкнутой системы, состоящей из тел 1 и 2 (и пружины 3), будет выполняться равенство величины P_1, которая равна сумме абсолютных величин импульсов P_{11} и P_{12} тел 1 и 2, если скорость $V_{12t} > 0$ тела 2, или разности абсолютных величин импульсов P_{11} и P_{12} тел 1 и 2, если скорость $V_{12t} < 0$ тела 2, для любого момента времени t_1.

Для рассмотрения можно выбрать в одномерной псевдоинерциальной системе отсчета O_1l_1 два момента времени t_1 и определить условие, обеспечивающее постоянство величины P_1 системы тел 1 и 2 (и пружины 3) для этих двух моментов времени.

В качестве первого момента времени t_1 выберем момент времени $t_1=t_{1o}=0$.

В качестве второго момента времени выберем момент времени $t_1=t_{1t}$, когда пружина 3 со стороны тела 1 полностью разжата, при этом скорость V_{11t} движения тела 1 равна V (скорости движения системы отсчета O_2l_2 относительно системы отсчета O_1l_1).

Расчеты, проводимые аналогично [1], показывают, что необходимым условием (значениями скоростей V_{12t} и V_{22t} тела 2 в момент времени t_{1t} в системе отсчета O_1l_1 и в системе отсчета O_2l_2 в момент времени t_{22t}, соответствующий моменту времени t_{1t} в системе отсчета O_2l_2, а также значениями скоростей V_{11t} и V_{21t} тела 1 в момент времени t_{1t} в системе отсчета O_1l_1 и в системе отсчета O_2l_2 в момент времени t_{21t}, соответствующий моменту времени t_{1t} в системе отсчета O_2l_2), при котором в рассматриваемом примере будет выполняться постоянство величины P_1 в одномерной псевдоинерциальной системе отсчета O_1l_1, является:

$$V_{11t} = V_{12t} = V \qquad (13)$$

$$V_{21t} = V_{22t} = 0 \qquad (14)$$

А для выполнения уравнения (14) требуется, чтобы:

$$t_{21t} = t_{22t} \qquad (15)$$

Из равенства (15) следует, что:

- ход времени в одномерных псевдоинерциальных системах отсчета O_1l_1 и O_2l_2 - одинаков;

- постоянство величины P_1 будет выполняться только когда:

$$c = \infty \qquad (16)$$

В итоге (по аналогии с [1]) в примере, рассматриваемом в одномерной псевдоинерциальной системе отсчета O_1l_1, имеем два противоречащих друг другу требования:

- постоянство величины P_1 требует выполнение условия (16),

- специальная теория относительности требует, чтобы выполнялось условие:

$$t_{21} < t_{22} \qquad (17)$$

, возникающее вследствие не одновременности происходящих в одномерной псевдоинерциальной системе отсчета O_2l_2 событий, которые в одномерной псевдоинерциальной системе отсчета O_1l_1 происходят одновременно.

Также можно отметить, что в любой двумерной псевдоинерциальной системе отсчета ORl, изображенной на рис.7, ход времени одинаков, т.к. независимо от величины радиуса R в любой одномерной псевдоинерциальной системе отсчета ход времени одинаков, а двумерная псевдоинерциальная система отсчета состоит из бесконечного числа одномерных псевдоинерциальных систем отсчета.

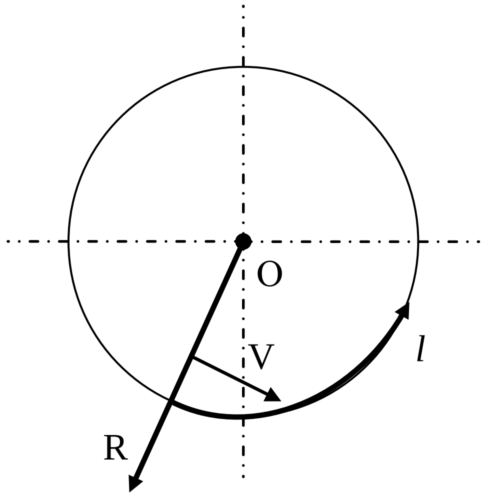

Рис. 7

4. Заключение

В заключение можно отметить, что во всех одномерных и двухмерных псевдоинерциальных системах отсчета, как и во всех инерциальных системах отсчета, ход времени одинаков, что противоречит специальной теории относительности, в соответствии с которой должна быть неодновременность событий, происходящих в разных системах отсчета.

Список литературы

1. Cochetkov V.N., The special theory of relativity: linear example of infringement of laws of preservation of an impulse, The General Science Journal (GSJ) ISSN 1916-5382 (2011).

2. Яворский Б.М., Детлаф А.А., Справочник по физике, Наука, Москва (1980).