Рубрика: математическая физика.

Тематика: специальная теория относительности.

Кочетков Виктор Николаевич
главный специалист ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» (ФГУП «ЦЭНКИ»)

СЛАБЫЕ МЕСТА В СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

В данной статье делается попытка анализа соответствия специальной теории относительности исходным постулатам и симметрии пространства и времени.

I. Специальная теория относительности

На рубеже XIX-XX веков стараниями крупнейших физиков мира была создана специальная теория относительности.

В конце XIX столетия между двумя важнейшими разделами физики - механикой и электродинамикой возникли серьезные противоречия.

В механике утвердился принцип относительности Галилея - полное равноправие систем отсчета, движущихся относительно друг друга прямолинейно и равномерно.

В электродинамике основополагающее место заняла идея эфира - среды, заполняющей мировое пространство и в которой происходят все физические процессы, в т.ч. электромагнитные колебания. При этом движение частиц и поля следовало описывать в координатах, жестко связанных с эфиром - абсолютной системой отсчета.

В 1881, 1886 - 1887 годах А.Майкельсону и Э.Моли в ходе экспериментов не удалось зарегистрировать "эфирный ветер". В результате эфирная теория света, казалось бы надежно подтвержденная опытами, не согласовывалась с классической механикой.

В 1889 году ирландский физик Д.Фицджеральд предложил принять, что при движении тела со скоростью **V** относительно эфира его продольный размер ***l′*** испытывает сокращение по закону:

$$l' = l \cdot [1 - (V^2 / c^2)]^{1/2} \qquad (1)$$

где: **c** - скорость света,

l - длина неподвижного в отношение эфира тела.

В 1892 году нидерландский физик Х.Лоренц дополнил гипотезу Д.Фицджеральда идеей "местного" времени **t′**, связанного с "истинным" универсальным временем **t** преобразованием:

$$t' = t - [(x \cdot v) / c^2] \qquad (2)$$

где: ***v*** - скорость движения тела при прохождении точки пространства с координатой **x**.

Также Х.Лоренц видоизменил преобразования Галилея на случай больших скоростей:

$$x_1 = \beta \cdot (x_2 - V \cdot t_2) \qquad (3)$$

$$y_1 = y_2 \qquad (4)$$

$$z_1 = z_2 \qquad (5)$$

$$t_1 = \beta \cdot \{ t_2 - [(x \cdot V) / c^2]\} \qquad (6)$$

путем введения "релятивистского" множителя **β** :

$$\beta = 1 / \{[1 - (V^2 / c^2)]^{1/2}\} \qquad (7)$$

Формулы (3)-:-(6) перехода между инерциальными системами отсчета получили наименование - преобразования Лоренца.

Еще в 1881 году английский физик Д.Томсон предположил, что масса **M** тела, движущегося со скоростью ***v***, будет больше, чем масса $\mathbf{M_o}$ в состоянии покоя, причем величина **M** равна:

$$M = M_o / \{[1 - (v^2 / c^2)]^{1/2}\} \qquad (8)$$

В 1905 году А.Эйнштейн взял за основу фундаментальные принципы, в сжатом виде передающие суть двух классических физических теорий: из механики - принцип равноправия всех инерциальных систем отсчета (принцип относительности), из электродинамики - принцип постоянства скорости света.

Принцип относительности: **в любых инерциальных системах отсчета все физические явления при одних и тех же условиях протекают одинаково**, т.е. физические законы независимы (инвариантны) по отношению к выбору инерциальной системы отсчета: уравнения, выражающие эти законы, имеют одинаковую форму во всех инерциальных системах отсчета.

Принцип инвариантности скорости света: **скорость света в вакууме не зависит от движения источника света**, т.е. скорость света одинакова во всех направлениях и во всех инерциальных системах отсчета.

Используя принцип относительности и принцип постоянства скорости света, А.Эйнштейн вывел преобразования Лоренца, однако придав им иной физический смысл:

$$x_1 = [x_2 + (V \cdot t_2)] / [1 - (V^2 / c^2)]^{1/2} \qquad (9)$$

$$x_2 = [x_1 - (V \cdot t_1)] / [1 - (V^2 / c^2)]^{1/2} \qquad (10)$$

$$y_1 = y_2 \qquad (11)$$

$$z_1 = z_2 \qquad (12)$$

где: $\mathbf{x_1}$, $\mathbf{y_1}$, $\mathbf{z_1}$ – координаты точки **A** в момент времени $\mathbf{t_1}$ в неподвижной инерциальной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$;

$\mathbf{x_2}$, $\mathbf{y_2}$, $\mathbf{z_2}$ – координаты точки **A** в в момент времени $\mathbf{t_2}$ в подвижной инерциальной системе отсчета $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$, как показано на рис. 1.

$$t_1 = \{t_2 + [(V \cdot x_2) / c^2]\} / [(1 - V^2/ c^2)^{1/2}] \qquad (13)$$

$$t_2 = \{t_1 - [(V \cdot x_1) / c^2]\}/ [(1 - V^2 / c^2)^{1/2}] \qquad (14)$$

Исходя из формул (9) -:- (14) связь между проекциями $\mathbf{v_{x2}}$, $\mathbf{v_{y2}}$ и $\mathbf{v_{z2}}$ скорости движения точки **A** в подвижной системе отсчета $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$ на оси декартовых координат и аналогичными проекциями $\mathbf{v_{x1}}$, $\mathbf{v_{y1}}$ и $\mathbf{v_{z1}}$ скорости той же точки **A** в неподвижной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ определена в виде:

$$v_{x1} = (v_{x2} + V) / \{1 + [(V \cdot v_{x2})/ c^2)]\} \qquad (15)$$

$$v_{x2} = (v_{x1} - V) / \{1 - [(V \cdot v_{x1})/ c^2)]\} \qquad (16)$$

$$v_{y1} = \{v_{y2} \cdot [1 - (V^2 / c^2)]^{1/2}\} / \{1 + [(V \cdot v_{x2})/ c^2)]\} \qquad (17)$$

$$v_{y2} = \{v_{y1} \cdot [1 - (V^2 / c^2)]^{1/2}\} / \{1 - [(V \cdot v_{x1})/ c^2)]\} \qquad (18)$$

$$v_{z1} = \{v_{z2} \cdot [1 - (V^2 / c^2)]^{1/2}\} / \{1 + [(V \cdot v_{x2})/ c^2)]\} \qquad (19)$$

$$v_{z2} = \{v_{z1} \cdot [1 - (V^2 / c^2)]^{1/2}\} / \{1 - [(V \cdot v_{x1})/ c^2)]\} \qquad (20)$$

В специальной теории относительности зависимости массы **M(V)** , импульса **P(V)** и кинетической энергии **$E_к$(V)** материальной точки, движущейся со скоростью **V**, выражаются формулами:

$$M(V) = M_o / [1 - (V^2 / c^2)]^{1/2} \qquad (21)$$

$$P(V) = (M_o \cdot V) / [1 - (V^2 / c^2)]^{1/2} \qquad (22)$$

$$E_к(V) = M_o \cdot c^2 \cdot \{\{1 / [1 + (V^2 / c^2)]^{1/2}\} - 1\} \qquad (23)$$

где: $\mathbf{M_o}$ - масса этой материальной точки в состоянии покоя.

В заключение можно отметить, что специальная теория относительности была создана в первую очередь для объяснения результатов экспериментов (А.Майкельсона и др.), приведших к рассмотрению вопроса о постоянстве скорости света (а точнее к объяснению постоянства скорости света).

II. "Специальная теория относительности в общем виде"

Чтобы не путаться в наименовании предполагаемую ниже идею назовем "специальная теория относительности в общем виде".

Предположим, что пространство - однородно и изотропно, а время - однородно (т.е. имеется симметрия пространства и времени).

При рассмотрении будем использовать принцип относительности: **в любых инерциальных системах отсчета все физические явления при одних и тех же условиях протекают одинаково.**

В связи с отсутствием необходимости не будем применять принцип инвариантности скорости света.

Предположим, что имеются две инерциальные системы отсчета неподвижная $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ и подвижная $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$, изображенные на рис.1 и у которых:

- сходные оси декартовых координат систем $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ и $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$ попарно параллельны и одинаково направлены;

- система $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$, движется относительно системы $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ с постоянной скоростью $\mathbf{V_2}$ относительно оси $\mathbf{Ox_1}$;

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

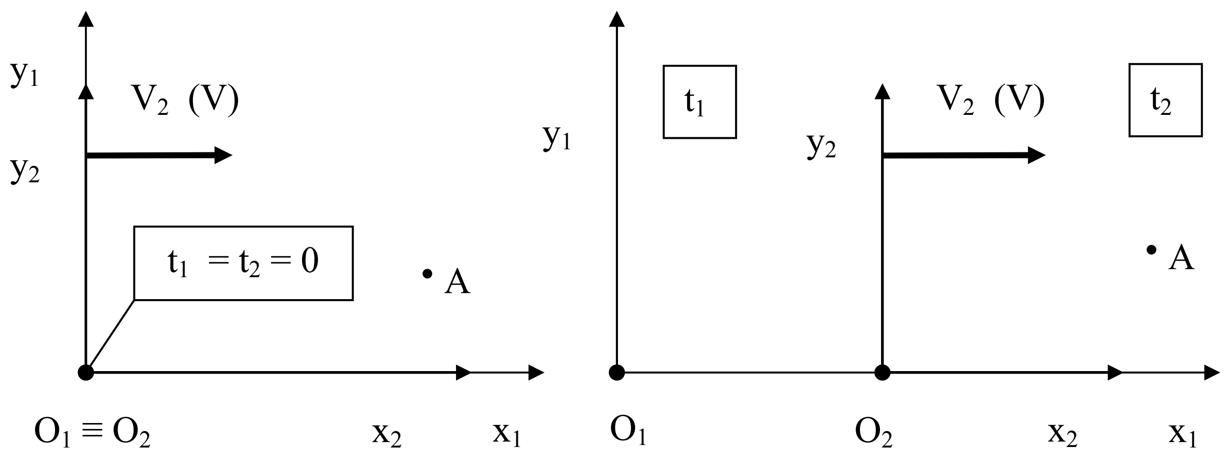

Рис. 1

Исходя из симметрии пространства и времени, соотношения между координатами и временем одного и того же события в двух инерциальных системах отсчета неподвижной $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ и подвижной $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$ могут быть записаны следующим образом:

$$x_1 = \beta_1 \cdot (x_2 + V_1 \cdot t_2) \qquad (24)$$

$$x_2 = \beta_2 \cdot (x_1 + V_2 \cdot t_1) \qquad (25)$$

$$y_1 = \beta_3 \cdot y_2 \qquad (26)$$

$$y_2 = \beta_4 \cdot y_1 \qquad (27)$$

$$z_1 = \beta_5 \cdot z_2 \qquad (28)$$

$$z_2 = \beta_6 \cdot z_1 \qquad (29)$$

где: $\mathbf{x_1}$, $\mathbf{y_1}$, $\mathbf{z_1}$ и $\mathbf{x_2}$, $\mathbf{y_2}$, $\mathbf{z_2}$ – координаты точки **A** в системах отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ и $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$ соответственно;

$\mathbf{t_1}$ и $\mathbf{t_2}$ - значения времени в системах отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ и $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$ соответственно;

$\boldsymbol{\beta_1}$, $\boldsymbol{\beta_2}$, $\boldsymbol{\beta_3}$, $\boldsymbol{\beta_4}$, $\boldsymbol{\beta_5}$ и $\boldsymbol{\beta_6}$ - коэффициенты перехода;

$\mathbf{V_1}$ - скорость движения система $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ относительно системы $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$.

Использование принципа относительности и симметрии пространства и времени позволяет получить:

$$V_1 = - V_2 = V \qquad (30)$$

$$\beta_1 = \beta_2 = \beta \qquad (31)$$

$$\beta_3 = \beta_4 = 1 \qquad (32)$$

$$\beta_5 = \beta_6 = 1 \qquad (33)$$

При этом система уравнений (24)-:-(29) упростится и примет вид:

$$x_1 = \beta \cdot (x_2 + V \cdot t_2) \qquad (34)$$

$$x_2 = \beta \cdot (x_1 - V \cdot t_1) \qquad (35)$$

$$y_1 = y_2 \qquad (36)$$

$$z_1 = z_2 \qquad (37)$$

Причем коэффициент перехода $\boldsymbol{\beta}$ не зависит от значений координат $\mathbf{x_1}$, $\mathbf{y_1}$, $\mathbf{z_1}$, $\mathbf{x_2}$, $\mathbf{y_2}$, $\mathbf{z_2}$ и времени $\mathbf{t_1}$ и $\mathbf{t_2}$, а предположительно может являться функцией скорости $\mathbf{V}$ перемещения систем отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ и $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$ относительно друг друга.

Для сравнения коэффициент перехода $\boldsymbol{\beta}$ (релятивистский множитель) в специальной теории относительности равен:

$$\beta = 1 / \{[1 - (V^2 / c^2)]^{1/2}\} \qquad (7)$$

Из формул (34) и (35) можно записать зависимость для значений времен $\mathbf{t_1}$ и $\mathbf{t_2}$:

$$t_1 = \{[(\beta^2 - 1) \cdot x_2] / (\beta \cdot V)\} + (\beta \cdot t_2) \qquad (38)$$

$$t_2 = \{[(1 - \beta^2) \cdot x_1] / (\beta \cdot V)\} + (\beta \cdot t_1) \qquad (39)$$

Используя формулы (34) -:- (39) может быть получена связь между проекциями $\mathbf{v_{x2}}$, $\mathbf{v_{y2}}$ и $\mathbf{v_{z2}}$ скорости движения точки **A** в подвижной системе $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$ на оси декартовых координат и аналогичными проекциями $\mathbf{v_{x1}}$, $\mathbf{v_{y1}}$ и

$\mathbf{v_{z1}}$ скорости этой точки **A** в неподвижной системе $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$:

$$v_{x1} = (v_{x2} + V) / \boldsymbol{\{}\{[(\beta^2 - 1) \cdot v_{x2}] / (\beta^2 \cdot V)\} + 1\boldsymbol{\}} \qquad (40)$$

$$v_{x2} = (v_{x1} - V) / \boldsymbol{\{}\{[(1 - \beta^2) \cdot v_{x1}] / (\beta^2 \cdot V)\} + 1\boldsymbol{\}} \qquad (41)$$

$$v_{y1} = v_{y2} / \boldsymbol{\{}\{[(\beta^2 - 1) \cdot v_{x2}] / (\beta \cdot V)\} + \beta\boldsymbol{\}} \qquad (42)$$

$$v_{y2} = v_{y1} / \boldsymbol{\{}\{[(1 - \beta^2) \cdot v_{x1}] / (\beta \cdot V)\} + \beta\boldsymbol{\}} \qquad (43)$$

$$v_{z1} = v_{z2} / \boldsymbol{\{}\{[(\beta^2 - 1) \cdot v_{x2}] / (\beta \cdot V)\} + \beta\boldsymbol{\}} \qquad (44)$$

$$v_{z2} = v_{z1} / \boldsymbol{\{}\{[(1 - \beta^2) \cdot v_{x1}] / (\beta \cdot V)\} + \beta\boldsymbol{\}} \qquad (45)$$

Как показано в [1], [2], [3] и [4] использование принципа относительности, симметрии пространства и времени при рассмотрении в инерциальных системах отсчета движения тел (материальных точек), составляющих замкнутую механическую систему, до и после их взаимных абсолютно упругих прямых центральных столкновений позволило получить (применяя законы сохранения импульса и механической энергии замкнутой механической системы) следующие зависимости для массы **M(V)** и импульса **P(V)** тела (материальной точки), движущегося со скоростью **V**:

$$M(V) = M_o \cdot \beta \qquad (46)$$

$$P(V) = M_o \cdot \beta \cdot V \qquad (47)$$

где: $\mathbf{M_o}$ - масса тела (материальной точки) в состоянии покоя.

Также [1], [2], [3] и [4] применение принципа относительности позволило установить, что возможны две следующие зависимости коэффициента перехода **β** от скорости **V** , в первой из которых, чтобы не запутаться, коэффициент перехода **β** обозначим, как $\boldsymbol{\beta_>}$, а во второй коэффициент перехода **β** обозначим, как $\boldsymbol{\beta_<}$:

$$\beta_>^{\,2} = 1 / [1 - (V^2 / v_{xкр1}^{\,2})] \qquad (48)$$

$$\beta_<^{\,2} = 1 / [1 + (V^2 / v_{xкр2}^{\,2})] \qquad (49)$$

где: $\mathbf{v_{xкр1}}$ и $\mathbf{v_{xкр2}}$ - действительные постоянные величины, имеющие размерность скорости и независящие от величины скорости **V** (т.е. инвариантные к выбору инерциальной системы отсчета).

Причем постоянная $\mathbf{v_{xкр1}}$, является такой действительной величиной скорости движения (точки), которая была бы инвариантна во всех направлениях и во всех инерциальных системах отсчета, т.е. постоянная $\mathbf{v_{xкр1}}$ в "специальной теории относительности в общем виде" аналогична скорости света **c** в специальной теории относительности, следовательно и коэффициент перехода $\boldsymbol{\beta_>}$ аналогичен коэффициенту перехода $\boldsymbol{\beta}$ в специальной теории относительности.

А постоянная $\mathbf{v_{xкр2}}$ является действительным множителем величины скорости движения (точки), имеющей мнимое значение и которая была бы инвариантна во всех направлениях и во всех инерциальных системах отсчета.

III. Основные уравнения "специальной теории относительности в общем виде" для случая β= β>

Для случая, когда значение коэффициента перехода $\boldsymbol{\beta}$ определяется зависимостью (48), т.е. когда $\boldsymbol{\beta = \beta_>}$, связь между координатами $\mathbf{x_1}$, $\mathbf{y_1}$, $\mathbf{z_1}$ и временем $\mathbf{t_1}$ в неподвижной инерциальной системе $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ и между координатами $\mathbf{x_2}$, $\mathbf{y_2}$, $\mathbf{z_2}$ и временем $\mathbf{t_2}$ в подвижной инерциальной системе $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$, исходя из формул (34) -:- (39), примет вид:

$$x_1 = [x_2 + (V \cdot t_2)] / [1 - (V^2 / v_{xкр1}{}^2)]^{1/2} \quad (50)$$

$$x_2 = [x_1 - (V \cdot t_1)] / [1 - (V^2 / v_{xкр1}{}^2)]^{1/2} \quad (51)$$

$$y_1 = y_2 \quad (36)$$

$$z_1 = z_2 \quad (37)$$

$$t_1 = \{t_2 + [(V \cdot x_2) / v_{xкр1}{}^2]\} / [(1 - V^2/v_{xкр1}{}^2)^{1/2}] \quad (52)$$

$$t_2 = \{t_1 - [(V \cdot x_1) / v_{xкр1}{}^2]\} / [(1 - V^2/v_{xкр1}{}^2)^{1/2}] \quad (53)$$

А из формул (40) -:- (45) может быть получена связь между проекциями $\mathbf{v_{x2}}$, $\mathbf{v_{y2}}$ и $\mathbf{v_{z2}}$ скорости движения точки **A** в подвижной системе $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$ на оси декартовых координат и аналогичными проекциями $\mathbf{v_{x1}}$, $\mathbf{v_{y1}}$ и $\mathbf{v_{z1}}$ скорости этой точки **A** в неподвижной системе $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$:

$$v_{x1} = (v_{x2} + V) / \{1 + [(V \cdot v_{x2}) / v_{xкр1}{}^2)]\} \quad (54)$$

$$v_{x2} = (v_{x1} - V) / \{1 - [(V \cdot v_{x1}) / v_{xкр1}{}^2)]\} \quad (55)$$

$$v_{y1} = \{v_{y2} \cdot [1 - (V^2 / v_{xкр1}{}^2)]^{1/2}\} / \{1 + [(V \cdot v_{x2}) / v_{xкр1}{}^2)]\} \quad (56)$$

$$v_{y2} = \{v_{y1} \cdot [1 - (V^2 / v_{xкр1}{}^2)]^{1/2}\} / \{1 - [(V \cdot v_{x1}) / v_{xкр1}{}^2)]\} \qquad (57)$$

$$v_{z1} = \{v_{z2} \cdot [1 - (V^2 / v_{xкр1}{}^2)]^{1/2}\} / \{1 + [(V \cdot v_{x2}) / v_{xкр1}{}^2)]\} \qquad (58)$$

$$v_{z2} = \{v_{z1} \cdot [1 - (V^2 / v_{xкр1}{}^2)]^{1/2}\} / \{1 - [(V \cdot v_{x1}) / v_{xкр1}{}^2)]\} \qquad (59)$$

Зависимости для массы **M(V)** , импульса **P(V)** и кинетической энергии **$E_к$(V)** тела (материальной точки), движущегося со скоростью **V**, для случая **$\beta = \beta_>$** , используя формулы (46) и (47), можно записать:

$$M(V) = M_o / [1 - (V^2 / v_{xкр1}{}^2)]^{1/2} \qquad (60)$$

$$P(V) = (M_o \cdot V) / [1 - (V^2 / v_{xкр1}{}^2)]^{1/2} \qquad (61)$$

$$E_к(V) = M_o \cdot v_{xкр1}{}^2 \cdot \{\{1 / [1 - (V^2 / v_{xкр1}{}^2)]^{1/2}\} - 1\} \qquad (62)$$

IV. Основные уравнения "специальной теории относительности в общем виде" для случая $\beta = \beta_<$

Для случая, когда значение коэффициента перехода **β** определяется зависимостью (49), т.е. когда **$\beta = \beta_<$**, связь между координатами **x_1**, **y_1**, **z_1** и временем **t_1** в неподвижной инерциальной системе **$O_1x_1y_1z_1$** и между координатами **x_2**, **y_2**, **z_2** и временем **t_2** в подвижной инерциальной системе **$O_2x_2y_2z_2$** , исходя из формул (34) -:- (39), примет вид:

$$x_1 = [x_2 + (V \cdot t_2)] / [1 + (V^2 / v_{xкр2}{}^2)]^{1/2} \qquad (63)$$

$$x_2 = [x_1 - (V \cdot t_1)] / [1 + (V^2 / v_{xкр2}{}^2)]^{1/2} \qquad (64)$$

$$y_1 = y_2 \qquad (36)$$

$$z_1 = z_2 \qquad (37)$$

$$t_1 = \{t_2 - [(V \cdot x_2) / v_{xкр2}{}^2]\} / [(1 + V^2/v_{xкр2}{}^2)^{1/2}] \qquad (65)$$

$$t_2 = \{t_1 + [(V \cdot x_1) / v_{xкр2}{}^2]\} / [(1 + V^2/v_{xкр2}{}^2)^{1/2}] \qquad (66)$$

А из формул (40) -:- (45) может быть получена связь между проекциями **v_{x2}**, **v_{y2}** и **v_{z2}** скорости движения точки **A** в подвижной системе **$O_2x_2y_2z_2$** на оси декартовых координат и аналогичными проекциями **v_{x1}**, **v_{y1}** и **v_{z1}** скорости этой точки **A** в неподвижной системе **$O_1x_1y_1z_1$** :

$$v_{x1} = (v_{x2} + V) / \{1 - [(V \cdot v_{x2}) / v_{xкр2}{}^2)]\} \qquad (67)$$

$$v_{x2} = (v_{x1} - V) / \{1 + [(V \cdot v_{x1}) / v_{xкр2}{}^2)]\} \qquad (68)$$

$$v_{y1} = \{v_{y2} \cdot [1 + (V^2 / v_{xкр2}{}^2)]^{1/2}\} / \{1 - [(V \cdot v_{x2}) / v_{xкр2}{}^2)]\} \qquad (69)$$

$$v_{y2} = \{v_{y1} \cdot [1 + (V^2 / v_{xкр2}^2)]^{1/2}\} / \{1 + [(V \cdot v_{x1}) / v_{xкр2}^2)]\} \quad (70)$$

$$v_{z1} = \{v_{z2} \cdot [1 + (V^2 / v_{xкр2}^2)]^{1/2}\} / \{1 - [(V \cdot v_{x2}) / v_{xкр2}^2)]\} \quad (71)$$

$$v_{z2} = \{v_{z1} \cdot [1 + (V^2 / v_{xкр2}^2)]^{1/2}\} / \{1 + [(V \cdot v_{x1}) / v_{xкр2}^2)]\} \quad (72)$$

Зависимости для массы **M(V)** , импульса **P(V)** и кинетической энергии **$E_к$(V)** тела (материальной точки), движущегося со скоростью **V**, для случая **$\beta = \beta_<$** , используя формулы (46) и (47), можно записать:

$$M(V) = M_o / [1 + (V^2 / v_{xкр2}^2)]^{1/2} \quad (73)$$

$$P(V) = (M_o \cdot V) / [1 + (V^2 / v_{xкр2}^2)]^{1/2} \quad (74)$$

$$E_к(V) = M_o \cdot v_{xкр2}^2 \cdot \{ 1 - \{1 / [1 + (V^2 / v_{xкр2}^2)]^{1/2}\}\} \quad (75)$$

V. Пример для определения значения коэффициента перехода β

Допустим, что имеются две инерциальные системы отсчета, аналогичные системам отсчета, изображенным на рис.1, неподвижная **$O_1x_1y_1z_1$** и подвижная **$O_2x_2y_2z_2$** , которая бы двигалась со скоростью **V** параллельно оси **O_1x_1** относительно системы **$O_1x_1y_1z_1$**.

Предположим, что имеется замкнутая механическая система тел, показанная на рис.2 и состоящая из точечных тела 1 и тела 2, имеющих равные массы **M_o** в состоянии покоя.

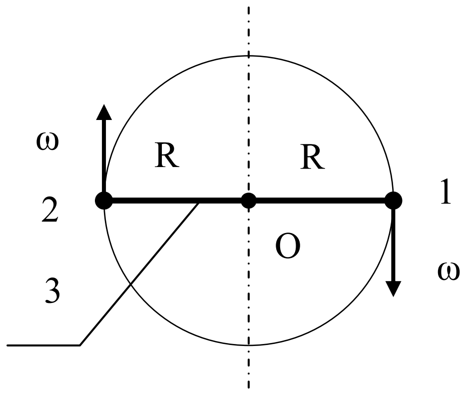

Рис. 2

Тела 1 и 2 соединены абсолютно жесткой (недеформируемой) нитью 3, не имеющей массы.

Тела 1 и 2 вращаются с угловой скоростью **ω** вокруг общего центра масс точки **O**. Расстояние от точечного тела 1 (тела 2) до точки **O** равно **R**.

Поместим рассматриваемую замкнутую систему тел 1 и 2 в подвижную систему отсчета $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$ таким образом, чтобы точка **O** была бы неподвижна в этой системе и совпадала с началом координат $\mathbf{O_2}$, а вращение тел 1 и 2 вокруг нее происходило бы по часовой стрелке в плоскости $\mathbf{O_2x_2y_2}$, как показано на рис. 3.

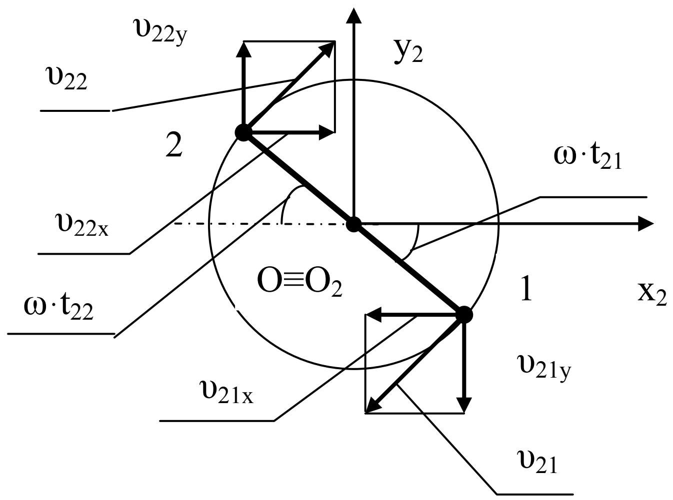

Рис. 3

В рассматриваемом примере представляет интерес момент времени $\mathbf{t_{2p}}$ в подвижной системе отсчета $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$, при котором тела 1 и 2 будут иметь соответственно координаты $\mathbf{x_{21}}$ и $\mathbf{x_{22}}$, причем:

$$x_{21} = x_{22} \qquad (76)$$

Положению тел 1 и 2 в момент времени $\mathbf{t_{2p}}$ в подвижной системе отсчета $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$ будет соответствовать положение тел 1 и 2 в неподвижной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ в момент времени $\mathbf{t_{1p}}$, т.к. координаты $\mathbf{x_{11}}$ и $\mathbf{x_{12}}$ соответственно тел 1 и 2 будут равны:

$$x_{11} = x_{12} \qquad (77)$$

Положение тел 1 и 2 в момент времени $\mathbf{t_{2p}}$ в подвижной системе отсчета $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$ изображено на рис. 4.

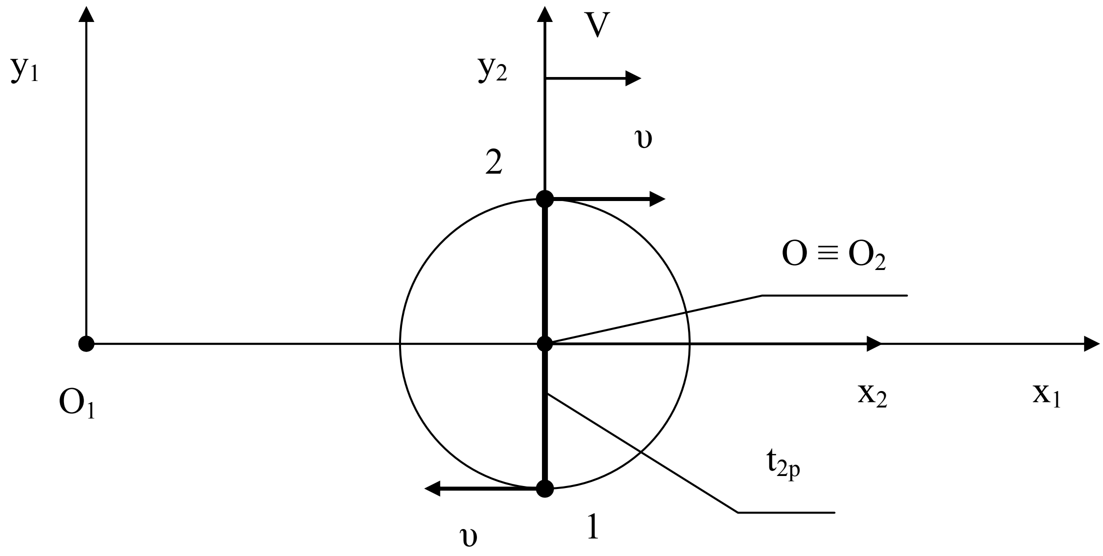

Рис. 4

В подвижной системе отсчета $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$ в момент времени $\mathbf{t_{2p}}$ тело 1 и тело 2 соответственно имеют следующие значения проекций $\boldsymbol{\upsilon_{21xp}}$, $\boldsymbol{\upsilon_{21yp}}$ и $\boldsymbol{\upsilon_{22xp}}$, $\boldsymbol{\upsilon_{22yp}}$ скоростей своего движения на оси $\mathbf{O_2x_2}$ и $\mathbf{O_2y_2}$:

$$\upsilon_{21xp} = -\,\upsilon \qquad (78)$$

$$\upsilon_{21yp} = 0 \qquad (79)$$

$$\upsilon_{22xp} = \upsilon \qquad (80)$$

$$\upsilon_{22yp} = 0 \qquad (81)$$

Тогда исходя из формул (40), (42) и (78)-:-(81), в неподвижной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ в момент времени $\mathbf{t_{1p}}$ тела 1 и 2 соответственно будут иметь следующие значения проекций $\boldsymbol{\upsilon_{11xp}}$, $\boldsymbol{\upsilon_{11yp}}$ и $\boldsymbol{\upsilon_{12xp}}$, $\boldsymbol{\upsilon_{12yp}}$ скоростей своего движения на оси $\mathbf{O_1x_1}$ и $\mathbf{O_1y_1}$:

$$\upsilon_{11xp} = (V - \upsilon) / \boldsymbol{\{}1 - \{[(\beta^2 - 1) \cdot \upsilon] / (\beta^2 \cdot V)\}\boldsymbol{\}} \qquad (82)$$

$$\upsilon_{11yp} = 0 \qquad (83)$$

$$\upsilon_{12xp} = (V + \upsilon) / \boldsymbol{\{}\{[(\beta^2 - 1) \cdot \upsilon] / (\beta^2 \cdot V)\} + 1\boldsymbol{\}} \qquad (84)$$

$$\upsilon_{12yp} = 0 \qquad (85)$$

Отсюда зная значения проекций скоростей движения тел 1 и 2 можно определить значения проекций $\mathbf{T_{1xp}}$ и $\mathbf{T_{1yp}}$ импульса системы тел 1 и 2 на оси $\mathbf{O_1x_1}$ и $\mathbf{O_1y_1}$ в неподвижной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ в момент времени

$\mathbf{t_{1p}}$:

$T_{1xp} = (M_o \cdot \beta_{11xp} \cdot \upsilon_{11xp}) + (M_o \cdot \beta_{12xp} \cdot \upsilon_{12xp})$ (86)

$T_{1yp} = 0$ (87)

где: $\boldsymbol{\beta_{11xp}}$ и $\boldsymbol{\beta_{12xp}}$ - коэффициенты перехода при скоростях, равных $\boldsymbol{\upsilon_{11xp}}$ и $\boldsymbol{\upsilon_{12xp}}$ соответственно.

Также в рассматриваемом примере представляет интерес момент времени $\mathbf{t_{1т}}$ в неподвижной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$, при котором тело 1 будет находиться на оси $\mathbf{O_1x_1}$.

Как показано на рис.5 положению тел 1 и 2 в момент времени $\mathbf{t_{1т}}$ в неподвижной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ будет соответствовать в подвижной системе отсчета $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$ положение тела 1 в момент времени $\mathbf{t_{21т}}$ (тело 1 будет находиться на оси $\mathbf{O_2x_2}$) и положение тела 2 в момент времени $\mathbf{t_{22т}}$ (тело 2 при значении коэффициента перехода $\boldsymbol{\beta \neq 1}$ не может находиться на оси $\mathbf{O_2x_2}$, по тому, что $\mathbf{t_{22т}} \neq \mathbf{t_{21т}}$ при $\boldsymbol{\beta \neq 1}$).

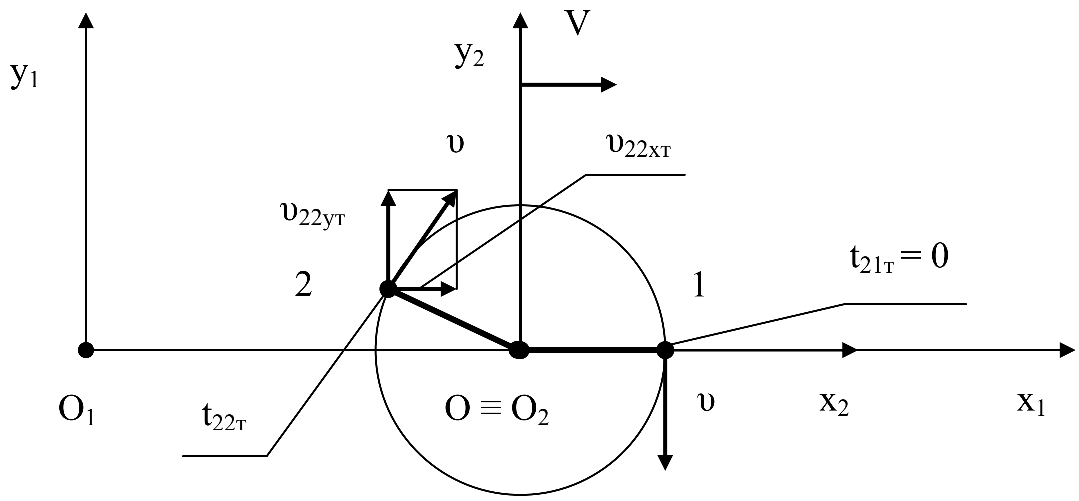

Рис. 5

В подвижной системе отсчета $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$ в момент времени $\mathbf{t_{21т}}$ тело 1 имеет следующие значения проекций $\boldsymbol{\upsilon_{21xт}}$ и $\boldsymbol{\upsilon_{21yт}}$ скорости своего движения на оси $\mathbf{O_2x_2}$ и $\mathbf{O_2y_2}$:

$\upsilon_{21xт} = 0$ (88)

$\upsilon_{21yт} = -\upsilon$ (89)

А тело 2 в подвижной системе отсчета $\mathbf{O_2x_2y_2z_2}$ в момент времени $\mathbf{t_{22т}}$ имеет проекции $\boldsymbol{\upsilon_{22xт}}$ и $\boldsymbol{\upsilon_{22yт}}$ скорости своего движения на оси $\mathbf{O_2x_2}$ и $\mathbf{O_2y_2}$.

Исходя из формул (40), (42) с учетом формул (88) и (89) в неподвижной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ в момент времени $\mathbf{t_{1т}}$ тело 1 и тело 2 соответственно будут иметь следующие значения проекций $\boldsymbol{\upsilon_{11xт}}$, $\boldsymbol{\upsilon_{11yт}}$ и $\boldsymbol{\upsilon_{12xт}}$, $\boldsymbol{\upsilon_{12yт}}$ скоростей своего движения на оси $\mathbf{O_1x_1}$ и $\mathbf{O_1y_1}$:

$$\upsilon_{11xт} = V \qquad (90)$$

$$\upsilon_{11yт} = -(\upsilon / \beta) \qquad (91)$$

$$\upsilon_{12xт} = (V + \upsilon_{22xт}) / \boldsymbol{\{}\{[(\beta^2 - 1) \cdot \upsilon_{22xт}] / (\beta^2 \cdot V)\} + 1\boldsymbol{\}} \qquad (92)$$

$$\upsilon_{12yт} = \upsilon_{22yт} / \boldsymbol{\{}\{[(\beta^2 - 1) \cdot \upsilon_{22xт}] / (\beta \cdot V)\} + \beta\boldsymbol{\}} \qquad (93)$$

Отсюда зная значения проекций скоростей движения тел 1 и 2 можно определить значения проекций $\mathbf{T_{1xт}}$ и $\mathbf{T_{1yт}}$ импульса системы тел 1 и 2 на оси $\mathbf{O_2x_2}$ и $\mathbf{O_2y_2}$ в неподвижной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ в момент времени $\mathbf{t_{1т}}$:

$$T_{1xт} = (M_o \cdot \beta_{11т} \cdot V) + (M_o \cdot \beta_{12т} \cdot \upsilon_{12xт}) \qquad (94)$$

$$T_{1yт} = -[M_o \cdot \beta_{11т} \cdot (\upsilon / \beta)] + (M_o \cdot \beta_{12т} \cdot \upsilon_{12yт}) \qquad (95)$$

где: $\boldsymbol{\beta_{11т}}$ и $\boldsymbol{\beta_{12т}}$ - коэффициенты перехода при скоростях, равных $\boldsymbol{\upsilon_{11т}}$ и $\boldsymbol{\upsilon_{12т}}$ соответственно.

Сравнивая значения проекций $\mathbf{T_{1xp}}$ и $\mathbf{T_{1yp}}$ импульса системы тел 1 и 2 в неподвижной инерциальной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ в момент времени $\mathbf{t_{1p}}$ с значениями проекций $\mathbf{T_{1xт}}$ и $\mathbf{T_{1yт}}$ импульса системы тел 1 и 2 в неподвижной инерциальной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ в момент времени $\mathbf{t_{1т}}$ (для случая, когда значение коэффициента перехода $\boldsymbol{\beta}$ зависит от величины скорости), получим, что:

$$T_{1xp} \neq T_{1xт} \qquad (96)$$

$$T_{1yp} \neq T_{1yт} \qquad (97)$$

Но т.к. система тел 1 и 2 является замкнутой механической системой, то неравенства (96) и (97) вступают в противоречие с законом сохранения импульса замкнутой механической системы, который определяет, что импульс замкнутой механической системы не изменяется с течением времени, т.е. для выполнения закона сохранения имульса замкнутой механической системы тел 1 и 2 в неподвижной инерциальной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ требуется, чтобы $\mathbf{T_{1xр} = T_{1xт}}$ и $\mathbf{T_{1yр} = T_{1yт}}$.

Одним словом в рассмотренном примере получается (естественно для случая, когда значение коэффициента перехода $\boldsymbol{\beta}$ зависит от величины скорости), что в неподвижной инерциальной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ замкнутая механическая система тел 1 и 2 имеет меняющийся во времени импульс, а это является нарушением закона сохранения имульса замкнутой механической системы.

Более подробно приведенный пример рассмотрен в [1], [2], [3] и [4].

Также аналогичным образом устанавливается, что кинетическая энергия $\mathbf{E_{к1р}}$ системы тел 1 и 2 в неподвижной инерциальной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ в момент времени $\mathbf{t_{1р}}$ не равна кинетической энергии $\mathbf{E_{к1т}}$ системы тел 1 и 2 в неподвижной инерциальной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ в момент времени $\mathbf{t_{1т}}$ (для случая, когда значение коэффициента перехода $\boldsymbol{\beta}$ зависит от величины скорости):

$$E_{к1р} \neq E_{к1т} \qquad (98)$$

Но т.к. система тел 1 и 2 является замкнутой механической системой, в которой не происходит изменение потенциальных энергий тел 1 и 2, то неравенство (98) вступает в противоречие с законом сохранения механической энергии замкнутой механической системы, который определяет, что механическая энергия замкнутой механической системы не изменяется с течением времени, т.е. для выполнения закона сохранения механической энергии замкнутой механической системы тел 1 и 2 в неподвижной инерциальной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ требуется, чтобы $\mathbf{E_{к1р} = E_{к1т}}$.

Также в рассмотренном примере получается (естественно для случая, когда значение коэффициента перехода $\boldsymbol{\beta}$ зависит от величины скорости), что в неподвижной инерциальной системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ замкнутая механическая система тел 1 и 2 имеет меняющуюся во времени кинетическую (механическую) энергию, а это является нарушением закона сохранения механической энергии замкнутой механической системы.

VI. Заключение

В заключение можно отметить:

1. Преобразования Лоренца в специальной теории относительности не являются единственно возможной связью между координатами и временем в инерциальных системах отсчета.

2. В выше рассмотренном примере показано, что в случае зависимости коэффициента перехода $\boldsymbol{\beta}$ от скорости $\mathbf{V}$ использование специальной теории относительности (и "специальной теории относительности в общем виде") при рассмотрении движения тел (материальных точек) в инерциальной (неподвижной) системе отсчета приводит к нарушению законов сохранения импульса и механической энергии замкнутой механической системы.

Учитывая, что закон сохранения импульса связан со свойством симметрии пространства - однородностью (однородность пространства проявляется в том, что физические свойства замкнутой системы и законы ее движения не зависят от выбора положения начала координат инерциальной системы отсчета, т.е. физические свойства замкнутой системы и законы ее движения не изменяются при параллельном переносе в пространстве этой замкнутой системы как целого) и закон сохранения механической энергии связан с однородностью времени (однородность времени проявляется в том, что законы движения замкнутой системы не зависят от выбора начала отсчета времени), а в специальной теории относительности (и "специальной теории относительности в общем виде"), основывающейся на принципе относительности, принято в виде исходных условий, что пространство - однородно и изотропно, а время - однородно (т.е. имеет место симметрия пространства и времени), то нарушение симметрии пространства и времени (искривление пространства и времени) в инерциальной (неподвижной) системе отсчета $\mathbf{O_1x_1y_1z_1}$ в рассмотренном примере скорее всего произошло из-за применения преобразований, предлагаемых специальной теорией относительности (и "специальной теорией относительности в общем виде") для случая, когда значение коэффициента перехода $\boldsymbol{\beta}$ зависит от величины скорости $\mathbf{V}$.

Список литературы:

1. Кочетков В.Н. "Специальная теория относительности без постулата о постоянстве скорости света", журнал "Актуальные проблемы современной науки" (ISSN 1680-2721) № 1 (34) за 2007 год.

2. Кочетков В.Н. "Комментарии к специальной теории относительности (часть 1 и часть 2)", 08.02.2007г., Сайт "Новые идеи и гипотезы",

http://new-idea.kulichki.net/?mode=physics

3. Кочетков В.Н. "Краткие комментарии к специальной теории относительности", 02.02.2007г., Сайт "Новые идеи и гипотезы",

http://new-idea.kulichki.net/?mode=physics

4. Кочетков В.Н. " Специальная теория относительности без постулата о постоянстве скорости света (часть 1 и часть 2)", 30.11.2006г.,

Сайт "Новые идеи и гипотезы",

http://new-idea.kulichki.net/?mode=physics

Автор В.Н. Кочетков

Статья "Слабые места в специальной теории относительности" размещена 19 февраля 2007 года на сайте "Новые идеи и гипотезы", http://new-idea.kulichki.net/?mode=physics