знаменателем $\frac{1}{4}$, а именно: $y_c^{(k)} = \frac{h}{4} + \frac{h}{4^2} + ... + \frac{h}{4^k}$. Следовательно, получаем $y_c = \lim_{k\to\infty} y_c^{(k)} = \frac{h}{3}$. Отсюда видно, что центр масс кривой Коха при $k\to\infty$ совпадает с центром масс некоторого равнобедренного треугольника высоты h, сплошь заполненного однородной массой. Можно дать две интерпретации полученного результата с учетом бесконечности предельной длины кривой Коха.

### 3. Центр масс кривой Пеано

Начальным элементом этой кривой является П-образная фигура, состоящая из трех однородных отрезков одинаковой плотности и единичной длины. Кривая Пеано также имеет вертикальную ось симметрии, которую обозначим 0y. Начало оси 0y располагаем в центре квадрата, который стремится занять кривая Пеано при $k\to\infty$. Можно доказать, что $y_c^{(k)} = \frac{1}{2^k\left(1+2^k\right)}$, k = 1,2,3…. Откуда ясно, что $y_c = \lim_{k\to\infty} y_c^{(k)} = 0$.

### 4. Центры масс “веточки” и треугольника (ковра) Серпинского

4.1 “Веточка” строится следующим образом. Исходный отрезок, считающийся расположенным вертикально, делится на 3 равные части. Вдоль отрезка с началом в его середине направляем вертикально вверх ось 0y. Из точек деления отрезка под углом 45°, отсчитываемым от положительного направления оси y, по разные стороны от нее проводим отрезки, уменьшенные втрое по сравнению с исходным. При этом образуются 5 отрезков одинаковой длины. Повторить процедуру по отношению к этим и вновь образуемым отрезкам можно многократно, до бесконечности. Разумеется, что угол в 45° каждый раз отсчитывается от того отрезка, из двух точек которого в разные стороны проводятся уменьшенные отрезки.

Легко видеть, что ось y является осью материальной симметрии. Принимая длину исходного отрезка за единицу, нетрудно найти, что $y_c^{(0)} = 0$; $y_c^{(1)} = \frac{\sqrt{2}}{30}$; $y_c^{(2)} = \frac{1}{25}\left(\frac{1}{9} + \sqrt{2}\right)$. Можно показать, что последовательность $\{y_c^{(k)}\}$ является монотонно возрастающей и ограниченной сверху. Следовательно, она имеет предел.

4.2 Для ковра Серпинского [2] центр масс не зависит от номера k последовательности $\{y_c^{(k)}\}$ и находится в точке пересечения медиан исходного однородного равностороннего треугольника. В отличие от рассмотренных фрактальных кривых, предельные длины которых бесконечны, следовательно, при конечной линейной плотности неограничены массы, у ковра Серпинского масса исчезает вследствие стремления предельной площади к нулю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Мирзаджанзаде А.Х., Хасанов М.М., Бахтизин Р.Н. Моделирование процессов нефтегазодобычи. Нелинейность, неравновесность, неопределенность. – Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005. – 368 с.

2. Ричард М. Кроновер. Фракталы и хаос в динамических системах. Москва: Постмаркет, 2000. – 352с.

## НОВЫЙ ПОДХОД К ПРЕОБРАЗОВАНИЯМ ЛОРЕНЦА И АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Беляев В.М.

*Томский политехнический университет, Томск*

Специальная теория относительности (СТО) базируется на принципе относительности и преобразованиях Лоренца (ПЛ), в основу которых положен постулат постоянства скорости света *c* в пустоте. При преподавании физики и философии мало внимания уделяется критике СТО и поиску альтернативных преобразований, несмотря на такие философские противоречия, как отказ от одновременности событий в разных инерциальных системах отсчета (ИСО), игнорирующий принцип сосуществования в них объединенного множества каких-либо материальных объектов, и отказ от материальности пространства.

Эйнштейн в своих публикациях [1, 2] выводит ПЛ из условия эквивалентности уравнений движения “светового луча” в двух ИСО *S* и *S'* (одна из которых движется относительно другой со скоростью *v*) и уравнений линейной связи декартовых координат и времени движения “светового луча” в этих ИСО. При решении данной системы уравнений второго порядка он рассматривает не все ее корни. Анализ полного решения в анонсируемой работе показывает, что этой системе эквивалентных уравнений удовлетворяют восемь пар корней, представляющих собой координаты $\left(x'_{i,j}, y'_{i,j}, z'_{i,j}\right)$ и модули $r'_{i,j}$ фокальных радиус-векторов $\bar{r}'_{i,j}$ восьми точек $M_k$ эллипсоида, расположенных в разных октантах. Эллипсоид имеет эксцентриситет $\beta = v/c$, вытянут вдоль линии движения и описан вокруг сферы с радиусом $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$. Выражения $r'_{1,2} = k(r \pm \beta x)$, $x'_{1,2} = k\left(x \pm \beta r\right)$, $y'_{1,2} = y$, $z'_{1,2} = z$, где $k = 1/\sqrt{1-\beta^2}$, определяющие в масштабе покоящейся ИСО модули и координаты фокальных радиус-векторов точки $M_1$ первого октанта через модуль и координаты радиус-вектора точки $M\left(x, y, z\right)$ сферы, определяют и время движения светового сигнала вдоль этих фокальных радиус-векторов, так как

$t'_{1,2} = r'_{1,2} / c,\ r = ct$. Сумма $t'_1 + t'_2 = 2kt$, поэтому эллипсоид отображает поверхность, отвечающую постоянному интервалу времени между отправкой в точку $M_1$ и приемом отраженного от нее светового сигнала с материального объекта (МО), перемещающегося в пространстве со скоростью $v$ из одной фокальной точки $F_1$ в другую $F_2$.

Среднее время $t'_m = (t'_1 + t'_2)/2$ соответствует предложенному Эйнштейном методу синхронизации часов в точке $M$ и положению движущегося МО в центре $\boldsymbol{O}$ сферы и эллипсоида. Однако сам МО, если $x' \neq 0$, в этот момент будет находиться в другой точке ($\boldsymbol{N}$), лежащей в интервале $\left[-k\beta^2 r, k\beta^2 r\right]$ на оси $x$. Отрезок $NM$ является биссектрисой угла между радиус-векторами $\bar{r}'_{1,2}$, что отвечает закону равенства углов падения и отражения светового луча, и отображает траекторию движения кванта света в системе координат $S'$, связанной с движущимся МО. Его длина определяется через координаты точки $M(x, y, z)$ сферы и модули радиус-векторов выражениями $r' = \sqrt{(1-\beta^2)x^2 + y^2 + z^2},\ r' = \frac{1}{k}\sqrt{r'_1 r'_2},\ r' = r\sqrt{1-\beta^2\cos^2\Theta}$, где $\cos\Theta = x/r$. В $S'$ конец отрезка $NM$ описывает поверхность эллипсоида с эксцентриситетом $\beta = v/c$, сжатого вдоль оси $x$ и вписанного в рассматриваемую сферу. Наблюдаемая в $S'$ средняя скорость движения светового сигнала туда и обратно вдоль этого отрезка ($c'_m = r'/t'_m$) определяется выражением $c'_m = \frac{c}{k}\sqrt{1-\beta^2\cos^2\Theta}$.

Предположим, что твердый масштабный стержень, вследствие его движения в пространстве, как материальной среде, изменяет свою длину в согласии с гипотезой Лоренца - Фитцджеральда: $L = L_0\sqrt{1-\beta^2\cos^2\Theta}$. Тогда получим, что средняя скорость движения светового сигнала в новой движущейся системе координат $S'_L$ с таким, лоренцевским, эталоном длины будет постоянна для всех направлений, но в $k$ раз меньше, чем в покоящейся СК, т.е. $c'_{mL} = c/k$. Если при этом время в ИСО $S'_L$ измерять часами, известными как часы Эйнштейна-Ланжевена, состоящими из пары параллельных зеркал, закрепленных на жестком стержне [3], то их период по отношению к идентичным часам покоящейся ИСО $S$ будет независящим от направления и в $k$ раз большим. Эти часы в ИСО $S'_L$ при движении светового сигнала туда и обратно отсчитают в $k$ раз меньше периодов, что можно выразить формулой $t'_L = t_m / k$. При этом длина отрезка $NM = r'_L$, определяемая как произведение средней скорости $c'_{mL}$ на время $t_m$, будет иметь вид, полностью соответствующий СТО: $r'_L = ct'_L$. В этом случае часы Эйнштейна-Ланжевена, применяемые в разных ИСО, следует рассматривать как инструменты, которые показывают среднее расстояние, проходимое одним и тем же световым сигналом на пути туда и обратно, а величину $t'_L$ в выражении $r'_L = ct'_L$ - как параметр результата движения светового сигнала, но не время его движения из одной точки в другую.

Из $!NF_1M_1$ и $!NF_2M_1$ несложно получить связь результатов движения светового сигнала в $S$ и $S'_L$ при его движении в одном направлении: $r'_L = r/\left[k\left(1+\beta\cos\Theta'_L\right)\right]$, где $\cos\Theta'_L = x'_L / r'_L$. В полярных координатах с масштабом Лоренца эта формула, при $r = const$, отображает вытянутый вдоль полярной оси эллипсоид. Поверхности эллипсоида соответствует время $t = const$. Фокальный параметр эллипсоида $p = r/k$, эксцентриситет $e = \beta$, большая полуось $a = kr$, малая полуось $b = r$. Полюс эллипсоида находится в правой фокальной точке, полярная ось направлена к ближайшей вершине, т.е. совпадает с осью $x'_L$. Расстояние от центра эллипсоида до фокальной точки $f = kvt$. Из формулы эллипсоида и связи декартовых и сферических координат радиус-векторов $\bar{r}$ и $\bar{r}'_L$ (с учетом того, что $r'_L = ct'_L$ и $r = ct$) легко получить преобразования Лоренца:

$$t'_L = k(t - vx/c^2),\ x'_L = k\left(x - vt\right),$$
$$y'_L = y,\ z'_L = z.$$

Таким образом, ПЛ по своей сути являются линейным преобразованием координат и модуля радиус-вектора $\bar{r}$ сферы в координаты и модуль фокального радиус-вектора $\bar{r}'_L$ эллипсоида, полученного однородным растяжением сферы вдоль оси $X$ (аффинное отображение пространства в себя). Симметрия формул преобразования координат и показаний часов, синхронизируемых по методу Эйнштейна, связана со свойством преобразования координат и модулей радиус-векторов точек сферы и описанного вокруг нее эллипсоида. Кроме этого, анализ преобразований Лоренца показывает, что декларируемое в СТО измерение отрезков между одновременными точками движущейся ИСО не выполняется, так как концу радиус-вектора $\bar{r}'_L$ отвечает время $t'_L = k(t - \beta x/c)$, а началу, в соответствии с разным темпом хода часов, - время $t'_{0L} = t/k$. Поэтому преобразования Лоренца корректнее записывать и трактовать не как преобразования координат и времени, а как преобразования координат и модулей векторов результата движения кванта света в двух ИСО, имеющих собственные масштабы. Эти величины являются эталонными при описании движений других материальных объектов, поэтому имеет смысл обозначать их прописными буквами и записывать преобразования Лоренца в виде:

$$R'_L = k(R - \beta X),\ X'_L = k\left(X - \beta R\right),\ Y'_L = Y,\ Z'_L = Z.$$

Очевидно, что, в соответствии с общим принципом измерения, при определении скоростей движения произвольной материальной точки $P$ в S *и* $S'_L$ необходимо результаты движения ($r$ и $r'_L$) точки $P$ в этих ИСО отнести к совпадающим с ними по направлению результатам эталонного движения ($R$ и $R'_L$) кванта света. Относить результат движения точки $P$ в движущейся системе координат $S'_L$ к результату эталонного движения, вычисляемому через координату *x* точки $P$, как это сделано в СТО, нелогично, так как соответствующие им векторы не совпадают по направлению. Также нелогично с этой точки зрения выглядит и классическое преобразование скоростей по преобразованиям Галилея, где скорость точки $P$ в движущейся ИСО $S'$ определяется через результат эталонного движения в ИСО *S*. Поэтому в знаменателях релятивистских формул преобразования компонент скоростей при переходе от ИСО *S* к $S'_L$, вместо проекции скорости $v_x$ точки $P$, должна стоять проекция скорости $c_x$ светового сигнала, совпадающего по направлению с направлением движения точки $P$. Этот изъян СТО может не давать заметной погрешности в экспериментах, но совершенно непригоден для математической физики, так как приведет к неверным выводам.

Рассмотрим альтернативные преобразования, устраняющие противоречия ПЛ.

Начало фокального радиус-вектора $\bar{R}'_L$ в любой момент времени совпадает с началом движущейся ИСО $S'_L$. Если наблюдатель, связанный с ИСО $S'_L$ будет пользоваться часами и масштабом ИСО *S*, то фокальный радиус-вектор $\bar{R}'_L$ превратится в радиус-вектор $\bar{R}'$ преобразований Галилея, а семейство изохронных поверхностей светового сигнала с радиусами $R_i$, посылаемого из начала координат ИСО $S'$ через интервал времени $\Delta T_i = R_i / c$, будет представлять собой семейство эксцентрических сфер. Это семейство эксцентрических сфер следует принять в качестве физически обоснованных координатных поверхностей. В качестве второго семейства поверхностей с вершиной в начале координат возьмем поверхности, образованные вращением вокруг оси *Z'* линий *L*, которые исходят из начала координат и в каждой своей точке перпендикулярны пересекаемым сферическим поверхностям. Дифференциальные уравнения кривых линий *L* в сопутствующей сферической системе координат (ССК) имеют вид

$$dR'/d\Theta' = -R'\sqrt{\left(\beta\sin\Theta'\right)^{-2} - 1}$$

где $\Theta'$ - угол между осью *Z'*, направленной вдоль линии движения начала ИСО *S'*, и радиус-вектором $\bar{R}'$. Они могут рассматриваться как аналоги радиус-векторов, касательные к которым в конечных точках образуют с осью *Z'* угол $\Theta$. Третьим семейством поверхностей, как и в ССК, будут служить плоскости $\Phi = const$, проходящие через ось *Z'*. Эту полученную ортогональную систему координат следует называть *псевдосферической* или *эксцентрической* системой координат (ЭСК).

Замечательно то, что координаты и время произвольной точки светового сигнала в этой движущейся ЭСК равны координатам и времени покоящейся ССК. Всем координатам и времени этой системы координат будем приписывать индекс «э», чтобы отличать их от координат и времени обычной ССК. В результате получим новые, альтернативные, преобразования: $R_э = R,\quad \Theta_э = \Theta,\quad \Phi_э = \Phi,\quad T_э = T.$ Данные преобразования обеспечивают как эквивалентность уравнений движения "светового луча", так и инвариантность любых законов в обеих ИСО. Для перехода к сопутствующей ССК эксцентрические координаты заменяются, исходя из выражений:

$$R_э = R'/\lambda,\ \Theta_э = \arcsin\left(\lambda\sin\Theta'\right),\ \Phi_э = \Phi'$$

где $\lambda = \sqrt{1 - \left(\beta\sin\Theta'\right)^2} - \beta\cos\Theta'$.

Для практического применения ЭСК будем руководствоваться двумя гипотезами:

1. Пространство представляет собой особый вид материи, в которой движутся материальные тела, отличающиеся от пространства своей внутренней структурой.
2. Скорость передачи взаимодействия в пространстве постоянна и равна по величине скорости света.

В результате взаимодействия движущегося тела с пространством вокруг него создается стационарное искривленное поле центральных сил, совпадающее с ЭСК, где окружности отвечают линиям постоянного потенциала, а перпендикулярные им линии *L* линиям тока, касательные к которым являются линиями сил, действующих в точках касания. Эксцентрические координаты при этом служат обобщенными координатами уравнения Лагранжа. Его решение [4] для случая притяжения материальной точки постоянной массы, движущейся с сохранением полной энергии, приводит к формуле орбиты, которая в сопутствующей ССК имеет вид:

$$R' = \lambda\left(1 - \beta^2\right)R_0 / \left[1 - e\left(\beta + \lambda\cos\Theta'\right)\right],$$

где $R_0 -$ радиус круговой орбиты при $e = 0.$ Для электронов в атомах наиболее устойчивыми, с позиции законов симметрии, являются эллиптические орбиты с эксцентриситетом $e = \beta$, симметричные относительно ядра и сжатые в направлении его движения. Отношение размеров больших полуосей орбит к малым полуосям $a/b = k$. Этот коэффициент соответствует кажущемуся сокращению размеров в СТО вдоль линии движения. Однако здесь будет происходить не кажущееся, а реальное изменение размеров тела. Причем размер тела в направлении движения сокращается в $k^2$ раз, а поперечные размеры тела - в $k$ раз. Изменение размеров тела, соответствующее гипотезе Лоренца-Фитцджеральда, будет при релятивистской зависимости массы материальной точки от скорости движения центрального тела. В любом случае преобразование уравнения движения фронта световой волны выделением полного квадрата по аналогии с [5], даст те же самые преобразования Лоренца [6, 7], которые приводят исходное уравнение движения фронта световой волны к подобному виду: $c^2t'^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2$. Использование этого подобия для определения частоты электромагнитного излучения, испускаемого движущимся источником (см., например, [8]), дает известную формулу Эйнштейна, по которой рассчитывают эффект Доплера в различных направлениях. Ее проверка, как показывают эксперименты с 1937 по 2003 г. [9 - 12], дает все меньшее отклонение.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Преобразования Лоренца дают верные результаты, как, например, по изменению частоты, испускаемой движущимися атомами, но их физическая интерпретация нуждается в осмыслении.
2. Развитие идеи А.Эйнштейна об измерении времени одним движением в разных системах координат позволило создать новые, свободные от противоречий преобразования. В них сохраняется принцип одновременности событий, происходящих в разных системах отсчета, и инвариантность, как законов электродинамики, так и любых других законов, связанных с координатами и временем.
3. Пример получения формулы орбиты материальной точки в искривленном центральном поле сил показал продуктивность новых преобразований. Можно предположить, что новые преобразования, в которых используется специальная система координат, названная эксцентрической, дадут толчок к дальнейшему развитию теории относительности и могут быть плодотворными при исследовании процессов, связанных с передачей взаимодействия через пространство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эйнштейн А. О принципе относительности и его следствиях //Собрание научных трудов. - М.: Наука, 1965. - Т.1. - С. 65-114.
2. Эйнштейн А. Принцип относительности и его следствия в современной физике //Собрание научных трудов. - М.: Наука, 1965. - Т.1. - С. 138-164.
3. Мардер Л. Парадокс часов. - М.: Мир, 1972. - 223с.
4. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Механика. М.: Наука, 1965. – 204с.
5. Логунов А. А. Лекции по теории относительности и гравитации. М.: Наука, 1987. - 272с.
6. Беляев В.М. Новые преобразования для теории относительности //Наука и будущее: Идеи, которые изменят мир. Материалы пленарных заседаний международной конференции (Москва, 15-18 мая 2005)– М., 2005. - с. 12-20.
7. Belyaev V.M. New transformations for the theory of relativity [Электронный ресурс]: Тезисы доклада на пленарном заседании международной конференции «Наука и будущее: Идеи, которые изменят мир» (Москва, 15-18 мая 2005) Режим доступа: http://www.scienceandfuture.sgm.ru/, свободный.
8. Калитевский Н.И. Волновая оптика. М.: Наука, 1971. - 376с.
9. Ives H.E., Stilwell G.R. An Experimental Study of the Rate of a Moving Atomic Clock //J. Opt. Soc. Am. 1938. V. 28, pp. 215-226.
10. Ives H.E., Stilwell G.R. An Experimental Study of the Rate of a Moving Atomic Clock II //J. Opt. Soc. Am. 1941. V. 31, pp. 369-374.
11. Saathoff G., Karpuk S., Eisenbarth U. et al. The Doppler Effect and Special Relativity. Doppler-Symposium in october 2003: www.mpi-hd.mpg.de/ato/rel/doppler-symposium.tgif.pdf
12. Saathoff G. et al., Phys. Rev. Lett. 91, 190403 (2003).

***Химические науки***

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ КРИСТАЛЛИЗАТОР С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ И ПОДОГРЕВОМ

Фиалкова Е.А., Куленко В.Г., Качалова Е.А.
*Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина*

Одним из узких мест в производстве молочного сахара традиционным способом является процесс кристаллизации, продолжительность которого может достигать двух суток и более, а процент выкристаллизовавшейся лактозы в итоге не превышает 40%. В промышленных кристаллизаторах с механическим перемешиванием и охлаждением путём подачи хладоносителя в рубашку или в мешалку процесс кристаллизации осложняется инкрустацией поверхности теплообмена кристаллами молочного сахара, что в дальнейшем отрицательно влияет на качество и выход конечного продукта. Одним из путей решения этой проблемы является замена водяного охлаждения на воздушное, которое осуществляется непосредственным барботированием холодного воздуха в кристаллизат.