

Материалы  
У Международной  
научно-технической  
конференции

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ  
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ  
БИОФИЗИКИ ФИЗИКИ И ХИМИ**

***Б Ф Ф Х – 2009***

*Севастополь (Украина), 21-25 апреля 2009 г.*

**Полный текст пленарного доклада [1] на У Международной конференции  
«Актуальные вопросы теоретической и прикладной  
биофизики, физики и химии»  
21-25 апреля 2009 г., Севастополь (Украина)**

---

УД К: 530.11+530.12

**А.Ф.Потехин, профессор, канд. тех. наук**

*Одесский национальный морской университет*

*ул. Мечникова, 34, г. Одесса, Украина, 65029*

*[a\\_potjehhin@osmu.odessa.ua](mailto:a_potjehhin@osmu.odessa.ua)*

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФИЗИКИ  
В КИНЕМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ОТСЧЁТА, [1]**

**Введение.**

Под системой отсчёта (СО) в современной теоретической физике понимают геометрическую систему координат, служащую для указания положения частицы в пространстве как функции времени. Вопрос о взаимодействии такой бестелесной кинематической системы отсчёта с материальными телами и физическими полями, которые задействованы в рассматриваемом процессе, лишён физического смысла. Отдавая дань динамике Ньютона, те кинематические СО, которые движутся поступательно, равномерно и прямолинейно относительно сферы удалённых звёзд, следовательно, и друг относительно друга, относятся к инерциальным системам отсчёта (ИСО), поскольку в них, якобы, выполняется первый закон Ньютона – закон инерции: “Существуют системы отсчёта, в которых свободное движение тел, т. е. движение тел, не находящихся под действием внешних сил, происходит с постоянной скоростью. Такие СО носят название инерциальных” [2]. Однако эти СО следует называть кинематическими неускоренными или псевдо-инерциальными, поскольку свободное движение тела с постоянной скоростью относительно СО есть, по Ньютону, лишь необходимое, но недостаточное условие отнесения их к инерциальным. По Ньютону, должно выполняться ещё одно условие: если СО инерциальная для данного свободного тела, то оно может быть ускоренно относительно этой СО отсчёта тогда и только тогда, когда именно к нему приложены внешние силы: “Всякое тело продолжает удерживаться в своём состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние” [3]. Относительно же псевдо-инерциальной СО ускорение тела может быть вызвано не только приложением к нему внешних сил, но и ускорением самой этой СО относительно ИСО: “Для этого достаточно, чтобы силы были приложены к тем телам, по отношению к которым это движение определяется” [3].

Согласно Ньютону СО, связанная с каютой корабля, который движется поступательно, равномерно и прямолинейно относительно берега, является ИСО для всех тел, участвующих в переносном движении этого корабля, как следствие взаимодействия с ним. Система отсчёта другого корабля, который также движется поступательно, равномерно и прямолинейно относительно берега, является ИСО для всех тел, участвующих в переносном движении этого другого корабля, как следствия взаимодействия с ним. Эти две ИСО друг относительно друга также движутся поступательно, равномерно и прямолинейно. Отличительной особенностью таких динамически выделенных ИСО является факт, отмеченный впервые Га-

лилеем: если мы проведём какой-либо опыт в каюте одного корабля и точно такой же опыт в каюте другого корабля, то оба этих опыта в своей каюте будут протекать, наблюдаться и описываться одинаково. То есть, в этих ИСО выполняется динамический принцип относительности Галилея-Ньютона. Выполнение этого принципа есть экспериментальный факт. В таких и только в таких динамически выделенных ИСО, на базе экспериментов в них, сформулированы как законы динамики Ньютона, так и уравнения электродинамики Максвелла

Таким образом, следуя Ньютону, мы приходим к следующей классификации систем отсчёта [4]. Если рассматриваемая система взаимодействующих между собой материальных частиц движется вместе с системой отсчёта  $\Sigma$ , которая, в свою очередь, движется относительно Гелиоцентрической системы отсчёта  $\Sigma^0$ , то  $\Sigma$  называется динамической системой отсчёта для данного процесса. Если рассматриваемая система материальных частиц не принимает участия в переносном движении совместно с системой отсчёта  $\Sigma'$ , то последняя называется кинематической системой отсчёта для данного процесса. Следует подчеркнуть относительность этих понятий: одна и та же система отсчёта для одних процессов может быть динамической, для других – кинематической. Так, для всех тел, находящихся на корабле и перемещающихся вместе с ним, система отсчёта корабля будет динамической. Для всех же тел, находящихся вне корабля и не перемещающихся вместе с ним, система отсчёта корабля будет кинематической.

Динамические системы отсчёта, в свою очередь, подразделяются на два класса – инерциальные и неинерциальные. Динамические (для данной совокупности тел) системы отсчёта, которые движутся поступательно, равномерно и прямолинейно относительно сферы удалённых звёзд, следовательно, и друг относительно друга, называются инерциальными системами отсчёта. Динамические (для данной совокупности тел) системы отсчёта, которые движутся ускоренно относительно инерциальных систем отсчёта, называются неинерциальными системами отсчёта.

Аналогично, кинематические системы отсчёта подразделяются на два класса. Кинематические (для данной совокупности тел) системы отсчёта, которые движутся поступательно, равномерно и прямолинейно относительно динамических ИСО, следовательно, и друг относительно друга, называются неускоренными или псевдо-инерциальными системами отсчёта. Кинематические (для данной совокупности тел) системы отсчёта, которые движутся ускоренно относительно псевдо-инерциальных систем отсчёта, называются ускоренными или псевдо-неинерциальными системами отсчёта.

В практической деятельности возникла необходимость рассмотрения законов и уравнений движения не только в динамических, но и в кинематических СО. Если законы и уравнения движения в динамических СО уже найдены, то для того, чтобы сформулировать эти же законы и уравнения движения в кинематических СО, достаточно применить формально-математические преобразования систем отсчёта. Вид этих преобразований зависит от той кинематики, которая положена в основу описания физических процессов. В классической физике – это преобразования Галилея в кинематике Ньютона, в СТО Эйнштейна – это преобразование Лоренца в кинематике Минковского. Именно Эйнштейну мы обязаны последовательному изучению физических процессов в кинематических СО, продемонстрированному им вначале в СТО, а затем, и в ОТО. Причём, именно Эйнштейном был найден тот принцип, которым следовало руководствоваться при описании физических процессов в кинематических СО – требование ковариантной формы записи физических законов и уравнений движения. Принцип ковариантности Эйнштейна в кинематических СО является аналогом принципа относительности Галилея-Ньютона в динамических ИСО.

Рассмотрим некоторые физические процессы с учётом классификации систем отсчёта по Ньютону

### Несимметричность акустического эффекта Доплера

Известно, что акустический эффект Доплера не симметричен, а оптический эффект Доплера симметричен относительно движения источника и приёмника. Современная физика этот факт констатирует, но не объясняет. Физические предпосылки этого эффекта могут быть поняты лишь с позиции динамических и кинематических СО.

Исходный случай. Невозмущённая среда, источник и приёмник волн неподвижны относительно лабораторной системы отсчёта и участвуют в переносном движении этой системы отсчёта. Для динамических процессов, происходящих в среде, лабораторная система отсчёта (с известной точностью) является инерциальной. Источник колебаний, динамически воздействуя на частицы среды, возбуждает в ней волну с частотой, равной его собственной частоте колебаний  $n_0$ . Приёмник регистрирует волновой процесс в лабораторной ИСО. Фазовая скорость волны  $u$ , её частота  $n_0$  и длина  $l_0$  связаны соотношением

$$u = l_0 n_0 \quad (1)$$

Случай 1. Источник волн движется, приёмник покоится относительно среды. И в этом случае приёмник, покоящийся относительно среды, регистрирует волновой процесс в лабораторной ИСО. Параметры волны связаны соотношением

$$u = l_* n_* \quad (2)$$

Здесь учтено, что фазовая скорость волны  $u$  определяется только физическими свойствами среды, и не зависит от того, покоится источник в среде или движется относительно неё. Но длина волны  $l_*$  при движущемся со скоростью  $v_*$  источнике и её частота  $n_*$  уже будут отличаться от длины волны и частоты при покоящемся источнике. Время прохождения волной расстояния, равного длине волны при неподвижном источнике, равно  $l_0/u$ . За это время источник продвинется на расстояние  $v_*(l_0/u)$ . Тогда длина волны, при движущемся в направлении волны источнике, уменьшится и будет равна

$$l_* = l_0 - v_*(l_0/u) = l_0[1 - (v_*/u)] \quad (3)$$

Исключая параметр волны  $u$  из равенств (1) и (2), с учётом (3), находим

$$n_* = n_0[1 - (v_*/u)]^{-1} \quad (4)$$

Таким образом, эффект Доплера для случая, когда источник волн движется, а приёмник покоится относительно среды, обусловлен динамическим процессом взаимодействия источника волн и среды.

Случай 2. Источник волн покоится, приёмник движется относительно среды. В этом случае волновой процесс, который происходит в лабораторной ИСО, регистрируется в системе отсчёта, связанной с движущимся со скоростью  $v$  приёмником. Приёмник тем точнее регистрирует данный процесс, чем меньшее возмущение в этот процесс он вносит. В идеале, рассматриваем движущийся приёмник, который не взаимодействует со средой и не изменяет физических параметров волны в среде. Но движение системы отсчёта приёмника относительно среды обусловит изменение таких регистрируемых в этой системе отсчёта параметров волны, как её скорость  $u'$  и частота волны  $n'$ . Длина волны при этом остаётся такой же, как и в исходном случае, то есть  $l_0$ . Параметры волны теперь связаны соотношением

$$u' = l_0 n' \quad (5)$$

Если приёмник движется в направлении движения волны, то согласно преобразованию Галилея

$$u' = u - v \quad (6)$$

Исключая из равенств (1) и (5) параметр  $l_0$ , с учётом (6) находим

$$n' = n_0 [1 - (v/u)]. \quad (7)$$

Таким образом, эффект Доплера для случая, когда источник волн покоится, а приёмник движется относительно среды, обусловлен кинематической относительностью наблюдаемого процесса.

Случай 3. Источник волн и приёмник движутся относительно среды

И в этом случае волновой процесс, который происходит в лабораторной ИСО, регистрируется в системе отсчёта, связанной с движущимся приёмником. При этом, вследствие движения источника, физические параметры установившейся в среде волны удовлетворяют соотношению (2). Измеряемые же движущимся приёмником параметры удовлетворяют соотношению

$$u' = l_* n' \quad (8)$$

то есть, остаётся неизменной длина волны в среде  $l_*$  при движущемся источнике. Исключая из равенств (2) и (8) параметр  $l_*$ , с учётом (4) и (6), получим

$$n' = n_0 [1 - (v/u)] [1 - (v_*/u)]^{-1} \quad (9)$$

Таким образом, эффект Доплера для случая, когда источник волн и приёмник движутся относительно среды одновременно, с одной стороны, обусловлен динамическим процессом взаимодействия источника волн и среды вследствие движения источника, с другой стороны – кинематической относительностью наблюдаемого процесса вследствие движения приёмника.

### Симметричность оптического эффекта Доплера

Отличительной особенностью эффекта Доплера в материальных средах является то, что источник и приёмник движутся не только относительно среды, но и принимают участие в общем переносном движении вместе со средой, с которой связана ИСО. Этим эффект Доплера в материальных средах отличается от его проявления в физических полях. В последнем случае, у нас нет основания утверждать, что источник и приёмник участвуют в общем переносном движении со средой, как носителем волн, с которой можно было бы связать ИСО. Даже если предположить, что такая среда существует, не существует, однако, экспериментальных методов измерения скорости движения источника и приёмника относительно этой среды. Скорость волн в таких средах может быть измерена лишь в среднем на пути “туда – обратно”. В таком случае, остаётся одна возможность: выразить эффект Доплера через скорость волны на пути “туда – обратно” и относительную скорость движения источника и приёмника.

В системе отсчёта источника параметры волны в оптической среде удовлетворяют соотношению

$$c = n_0 l_0, \quad (10)$$

где  $c$  - скорость свет в среде (вакууме).

Движущий источник, взаимодействуя с оптической средой, возбуждает в ней волны. При этом длина волны в системе отсчёта оптической среды, при движущемся в направлении волны источнике со скоростью  $V_*$ , аналогично акустической волне, уменьшится по сравнению с длиной волны  $l_0$  в системе отсчёта источника на величину  $v_*(l_0/c)$ . Но приёмник и источник, в отличие от акустического случая, не принимают участи в переносном движении среды. Тогда в системе отсчёта приёмника уменьшение длины оптической волны в среде (вследствие движения источника) при движущемся в направлении волны со скоростью  $V$  приёмнике частично компенсируется, и длина волны увеличится на величину  $v(l_0/c)$ .

В результате, вследствие движения источника и приёмника с разными скоростями относительно светонесущей среды, приёмником будет зарегистрирована следующая длина оптической волны

$$l = l_0 - \frac{l_0}{c} v_* + \frac{l_0}{c} v = l_0 \left(1 - \frac{V}{c}\right), \quad (11)$$

где относительная скорость движения источника и приёмника равна

$$V = v_* - v. \quad (12)$$

Среднеарифметический период регистрируемых приёмником волн на пути света “туда – обратно” будет равен

$$T_{\oplus} = \frac{1}{2} \left( \frac{l}{c-V} - \frac{l}{c+V} \right) = l c^{-1} \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)^{-1}. \quad (13)$$

Тогда регистрируемая приёмником частота оптических волн равна

$$n_{\oplus} = T_{\oplus}^{-1} = l^{-1} c \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right). \quad (14)$$

Подставляя в (14) значение длины волны согласно (11), находим

$$n_{\oplus} = n_0 [1 + (V/c)]. \quad (15)$$

Заметим, что из (14) следует

$$c_{\oplus} = l n_{\oplus}, \quad (16)$$

где  $c_{\oplus}$  – среднеарифметическая скорость волны относительно приёмника

$$c_{\oplus} = c \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right). \quad (17)$$

Установим также эффект Доплера по среднеквадратичному периоду колебаний регистрируемых приёмником волн на пути света “туда – обратно”

$$T_{\otimes} = \frac{l}{\sqrt{(c-V)(c+V)}} = l c^{-1} \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)^{-1/2}. \quad (18)$$

Тогда регистрируемая приёмником частота оптических волн равна

$$n_{\otimes} = T_{\otimes}^{-1} = l^{-1} c \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)^{1/2}. \quad (19)$$

Подставляя в (19) значение длины волны согласно (11), находим

$$n_{\otimes} = n_0 \sqrt{\frac{1 + (V/c)}{1 - (V/c)}}. \quad (20)$$

Заметим, что из (19) следует

$$c_{\otimes} = l n_{\otimes}, \quad (21)$$

где  $c_{\otimes}$  – среднеквадратичная скорость волны относительно приёмника

$$c_{\otimes} = c \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)^{1/2}. \quad (22)$$

Таким образом, не выходя за пределы классических представлений кинематики Ньютона о пространстве и времени и преобразований Галилея, нами получена как классическая (15), так и релятивистская (20) формулы для оптического эффекта Доплера в кинематических

СО. Различие в формулах объясняется тем, что классическому случаю соответствует среднеарифметическая, а релятивистскому случаю – среднеквадратичная скорость света, измеренная в кинематической СО по эффекту Доплера на пути “туда – обратно”.

### Основное уравнение динамики точки в кинематических ускоренных системах отсчёта

Выявленная на примере эффекта Доплера возможность разделения описания физического процесса в кинематических СО на динамическую и кинематическую части подлежит обобщению. Действительно, основное уравнение динамики точки в динамической ИСО преобразованием к кинематической ускоренной СО приводится к виду

$$m\bar{a}' = \bar{F} + \bar{N} + \bar{J}^{tr} + \bar{J}^{Cor}, \quad (23)$$

которое можно переписать в виде

$$m(\bar{a}'_{din} + \bar{a}'_{kin}) = \bar{F} + \bar{N} + \bar{J}^{tr} + \bar{J}^{Cor}, \quad (24)$$

где  $\bar{a}'_{din}$  динамическая часть относительного ускорения материальной точки, обусловленная приложенными к ней силами и  $\bar{a}'_{kin}$  – кинематическая часть относительного ускорения, обусловленная ускоренным движением самой кинематической системы отсчёта относительно исходной ИСО. Уравнение (24) распадается на два уравнения

$$m\bar{a}'_{din} = \bar{F} + \bar{N}, \quad (25)$$

$$m\bar{a}'_{kin} = \bar{J}^{tr} + \bar{J}^{Cor}, \quad (26)$$

где  $\bar{J}^{tr}$ ,  $\bar{J}^{Cor}$  – соответственно переносная и Кориолисова псевдо-силы инерции. Первое из этих уравнений (25) описывает динамическую часть относительного движения материальной точки, обусловленную приложенными к ней силами. Второе уравнение (26) описывает кинематическую часть относительного движения материальной точки, обусловленную ускоренным движением самой кинематической системы отсчёта.

Аналогично, основное уравнение динамики точки в неинерциальной СО [4]

$$m\bar{a} = \bar{F} + \bar{N} + \bar{N}^{tr} + \bar{F}^{tr} + \bar{N}^{Cor} + \bar{F}^{Cor} \quad (27)$$

преобразованием к кинематической ускоренной системе отсчёта приводится к виду

$$m(\bar{a}'_{din} + \bar{a}'_{kin}) = \bar{F} + \bar{N} + \bar{N}^{tr} + \bar{F}^{tr} + \bar{N}^{Cor} + \bar{F}^{Cor} + \bar{J}^{tr} + \bar{J}^{Cor}, \quad (28)$$

которое также распадается на две части

$$m\bar{a}'_{din} = \bar{F} + \bar{N} + \bar{N}^{tr} + \bar{F}^{tr} + \bar{N}^{Cor} + \bar{F}^{Cor} \quad (29)$$

$$m\bar{a}'_{kin} = \bar{J}^{tr} + \bar{J}^{Cor}, \quad (30)$$

где  $\bar{F}^{tr}$ ,  $\bar{F}^{Cor}$  – соответственно динамическая переносная и Кориолисова силы инерции и  $\bar{J}^{tr}$ ,  $\bar{J}^{Cor}$  – кинематическая переносная и Кориолисова псевдо-силы инерции. При этом заметим, что  $\bar{F}^{tr}$ ,  $\bar{F}^{Cor}$  определяются ускорением динамической неинерциальной СО относительно исходной инерциальной СО, а  $\bar{J}^{tr}$ ,  $\bar{J}^{Cor}$  определяются ускорением рассматриваемой кинематической СО относительно данной неинерциальной СО. Например, в знаменитом опыте Ньютона с вращающимся ведром с водой, система отсчёта, связанная с ведром, в переходном процессе вовлечения частиц воды во вращение ведра, частично является динамической – этому соответствует уравнение (29), частично кинематической – уравнение (30), в совокупности – уравнение (28).

**Электродинамические уравнения Максвелла  
в кинематических псевдо-инерциальных системах отсчёта**

Запишем электродинамические уравнения Максвелла в ИСО  $\Sigma$

$$\operatorname{div} \bar{E} = \frac{1}{\epsilon_0} r_e, \quad (31)$$

$$\operatorname{rot} \bar{E} = -\frac{\partial}{\partial t} \bar{B}, \quad (32)$$

$$\operatorname{div} \bar{B} = 0, \quad (33)$$

$$\operatorname{rot} \bar{B} = m_0 r_e \bar{v} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t} \bar{E}. \quad (34)$$

Применив к этим уравнениям преобразование Галилея, получим электродинамические уравнения в псевдо-инерциальной СО  $\Sigma'$  [4]

$$\operatorname{div} \bar{E}' = \frac{1}{\epsilon_0} r_e, \quad (35)$$

$$\operatorname{rot} \bar{E}' = -\left(\frac{\partial}{\partial t'} - \bar{u} \bar{\nabla}'\right) \bar{B}', \quad (36)$$

$$\operatorname{div} \bar{B}' = 0, \quad (37)$$

$$\operatorname{rot} \bar{B}' = m_0 r_e (\bar{u} + \bar{v}') + \frac{1}{c^2} \left(\frac{\partial}{\partial t'} - \bar{u} \bar{\nabla}'\right) \bar{E}', \quad (38)$$

где  $\bar{u} = \text{const}$  – скорость движения псевдо-инерциальной системы отсчёта  $\Sigma'$  относительно ИСО  $\Sigma$ ,  $\bar{v}'$  – скорость движения заряда относительно  $\Sigma'$ .

Разложим относительную скорость заряда  $\bar{v}'$  на две компоненты

$$\bar{v}' = \bar{v}'_{\text{din}} + \bar{v}'_{\text{kin}}, \quad (39)$$

где  $\bar{v}'_{\text{din}}$  – та часть относительной скорости заряда, которая обусловлена его движением относительно ИСО  $\Sigma$  и  $\bar{v}'_{\text{kin}}$  – та часть относительной скорости заряда, которая обусловлена движением самой кинематической СО  $\Sigma'$  относительно ИСО  $\Sigma$ .

Разложим вектора полей  $\bar{E}'$  и  $\bar{B}'$  на такие же компоненты

$$\bar{E}' = \bar{E}'_{\text{din}} + \bar{E}'_{\text{kin}}, \quad (40)$$

$$\bar{B}' = \bar{B}'_{\text{din}} + \bar{B}'_{\text{kin}}, \quad (41)$$

где  $\bar{E}'_{\text{din}}$ ,  $\bar{B}'_{\text{din}}$  – вектора полей, обусловленные наличием зарядов и их движением в ИСО  $\Sigma$ , а  $\bar{E}'_{\text{kin}}$ ,  $\bar{B}'_{\text{kin}}$  – вектора псевдо-полей, обусловленные движением самой кинематической СО  $\Sigma'$  относительно ИСО  $\Sigma$ . Примем также во внимание, что переносная скорость



заряда  $\bar{u}$  обусловлена только движением кинематической СО  $\Sigma'$  относительно ИСО  $\Sigma$ , так что

$$\bar{v}'_{kin} = -\bar{u}. \quad (42)$$

С учётом (39)-(42), система уравнений (35)- (38) распадается на две системы уравнений

$$div \bar{E}'_{din} = \frac{1}{e_0} r_e, \quad (43)$$

$$rot \bar{E}'_{din} = -\frac{\partial}{\partial t'} \bar{B}'_{din} + \bar{u} \bar{\nabla}' \bar{B}'_{din}, \quad (44)$$

$$div \bar{B}'_{din} = 0, \quad (45)$$

$$rot \bar{B}'_{din} = m_0 r_e \bar{v}'_{din} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t'} \bar{E}'_{din} - \frac{1}{c^2} \bar{u} \bar{\nabla}' \bar{E}'_{din}, \quad (46)$$

и

$$div \bar{E}'_{kin} = 0, \quad (47)$$

$$rot \bar{E}'_{kin} = -\left( \frac{\partial}{\partial t'} - \bar{u} \bar{\nabla}' \right) \bar{B}'_{kin}, \quad (48)$$

$$div \bar{B}'_{kin} = 0, \quad (49)$$

$$rot \bar{B}'_{kin} = \frac{1}{c^2} \left( \frac{\partial}{\partial t'} - \bar{u} \bar{\nabla}' \right) \bar{E}'_{kin}, \quad (50)$$

Поскольку движение кинематической системы отсчёта не может изменить динамических параметров физической системы, то конвективные производные в уравнениях (44), (46) от динамических компонент поля равны нулю, и тогда эта система уравнений принимает вид

$$div \bar{E}'_{din} = \frac{1}{e_0} r_e, \quad (51)$$

$$rot \bar{E}'_{din} = -\frac{\partial}{\partial t'} \bar{B}'_{din}, \quad (52)$$

$$div \bar{B}'_{din} = 0, \quad (53)$$

$$rot \bar{B}'_{din} = m_0 r_e \bar{v}'_{din} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t'} \bar{E}'_{din}, \quad (54)$$

что с точностью до обозначений совпадает с исходными электродинамическими уравнениями (31)-(34). В таком случае, уравнения (51)-(54) относятся к системе отсчёта  $\Sigma'$ , покоящейся относительно исходной ИСО  $\Sigma$ .

Таким образом, решение электродинамических уравнений (35)-(38) для векторов поля  $\bar{E}'$ ,  $\bar{B}'$  в псевдо-инерцальной системе отсчёта получается из решения соответствующей системы исходных электродинамических уравнений (31)-(34) с последующим применением к этому решению преобразования Галилея. При этом, если рассматриваемый физический

процесс является нестационарным, то к полученному решению следует прибавить решение системы уравнений (47)-(50), отражающим, как показано в [4], эффект Доплера.

Пример 1. Заряд  $Q$  покоится, а заряд  $q$  движется со скоростью  $\bar{V}$  в положительном направлении оси  $X$  лабораторной ИСО  $\Sigma$ . Найти поле заряда  $Q$  в псевдо-инерциальной для него системе отсчёта  $\Sigma'$ , связанной с движущимся зарядом  $q$ .

В системе отсчёта  $\Sigma$  поле заряда  $Q$  – это поле Кулона

$$\mathbf{f} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{(x^2 + y^2 + z^2)^{3/2}}, \quad \bar{A} = 0. \quad (55)$$

Применив к (55) преобразование Галилея

$$x = x' + \bar{v}t \quad y = y', \quad z = z'. \quad (56)$$

получим

$$\mathbf{f}' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{[(x' + \bar{v}t)^2 + y'^2 + z'^2]^{3/2}}, \quad \bar{A}' = 0. \quad (57)$$

Из (57) следует: эквипотенциальные поверхности

$$(x' + \bar{v}t)^2 + y'^2 + z'^2 = \text{const} \quad (58)$$

заряда  $Q$  в кинематической СО  $\Sigma'$  есть сферические поверхности, движущиеся вместе с этим зарядом в отрицательном направлении оси  $x'$

Пример 2. Заряд  $Q$  движется со скоростью  $\bar{u}$ , а заряд  $q$  со скоростью  $\bar{V}$  в положительном направлении оси  $X$  лабораторной ИСО  $\Sigma$ . Найти поле заряда  $Q$  в псевдо-инерциальной для него системе отсчёта  $\Sigma'$ , связанной с движущимся зарядом  $q$ .

В системе отсчёта  $\Sigma$  поле заряда  $Q$  даётся выражением

$$\mathbf{f} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{[(x - ut)^2 + (1 - \frac{u^2}{c^2})(y^2 + z^2)]^{3/2}}, \quad (59)$$

$$\bar{A} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q\bar{u}}{c^2 [(x - ut)^2 + (1 - \frac{u^2}{c^2})(y^2 + z^2)]^{3/2}}. \quad (60)$$

Применив к (59), (60) преобразование Галилея (56), получим

$$\mathbf{f}' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{[(x' + \bar{v}'t)^2 + (1 - \frac{u^2}{c^2})(y'^2 + z'^2)]^{3/2}}, \quad (61)$$

$$\bar{A}' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q\bar{u}}{c^2 [(x' + \bar{v}'t)^2 + (1 - \frac{u^2}{c^2})(y'^2 + z'^2)]^{3/2}}, \quad (62)$$

где  $\bar{v}'$  – относительная скорость зарядов  $Q$  и  $q$

$$\bar{v}' = \bar{v} - \bar{u}. \quad (63)$$

Получили, что в этом случае эквипотенциальные поверхности

$$(x' + v't)^2 + \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)(y'^2 + z'^2) = const \quad (64)$$

заряда  $Q$  в кинематической СО  $\Sigma'$  есть эллипсоиды вращения, сжатые с масштабным коэффициентом  $\left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)^{1/2}$  в направлении его движения, движущиеся вместе с этим зарядом со скоростью  $\bar{v}'$ .

Полагая в уравнениях (61), (62)

$$\bar{v} = \bar{u}, \quad (65)$$

получим уравнение поля заряда  $Q$  в сопутствующей псевдо-инерциальной для него системе отсчёта  $\Sigma'$

$$f' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{[x'^2 + \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)(y'^2 + z'^2)]^{1/2}}, \quad (66)$$

$$\bar{A}' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q\bar{v}}{c^2 [x'^2 + \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)(y'^2 + z'^2)]^{1/2}}, \quad (67)$$

то есть эквипотенциальные поверхности

$$x'^2 + \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)(y'^2 + z'^2) = const \quad (68)$$

заряда  $Q$  в кинематической сопутствующей СО  $\Sigma'$  есть покоящиеся в этой СО эллипсоиды вращения, сжатые с масштабным коэффициентом  $\left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)^{1/2}$  в направлении его движения.

При этом в сопутствующей для заряда  $Q$  системе отсчёта  $\Sigma'$  возникает магнитное поле, обусловленное движением этого заряда относительно исходной ИСО  $\Sigma$ , что соответствует эксперименту по взаимодействию двух проводников с параллельными токами. Факт сближения или удаления таких проводников с токами, как результат их взаимодействия, есть факт абсолютный, не зависящий от выбора системы отсчёта.

### Заключение

До конца XIX века физика развивалась в русле представлений динамической теории Ньютона. В основе этой теории заложен принцип относительности Галилея, обобщённый Ньютоном в его формулировке первого закона динамики точки - закона инерции и, как следствие, выделение динамических инерциальных систем отсчёта. Физика в этих системах отсчёта, это физика логики здравого смысла, поскольку она соответствует системе отсчёта обитания мыслящего субъекта: он перемещается вместе со своей системой отсчёта (Земля) и одновременно относительно неё. Также тела солнечной системы: эти тела перемещаются вместе со своей системой отсчёта (Солнце) и одновременно относительно неё. Особняком стояла оптика, не вызывая пока особой тревоги. Первым настораживающим сигналом был

эффект Доплера (1842 г.). Оптический эффект Доплера определялся лишь взаимной скоростью движения источника и приёмника волн, чем принципиально отличался от акустического эффекта Доплера. Но и это не вызвало у физиков тревоги. Положение кардинально изменилось лишь в последней трети XIX века. Электродинамические уравнения Максвелла и следствия из них не укладывались в рамки здравого смысла логики классической физики Ньютона, поскольку в физике появился новый объект исследования – электромагнитное поле. Возникла, в частности, проблема эфира и электродинамики движущихся тел. Выход из создавшегося кризиса в физике, в конечном итоге, предложил Эйнштейн. Интуитивно, не осознавая всей глубины проблемы, он, по существу, отказывается от принципа относительности Галилея, от первого закона Ньютона и, как следствие, от инерциальных систем отсчёта Ньютона. Вместо принципа относительности Галилея в динамических инерциальных системах отсчёта Эйнштейн вводит в физику новый принцип – требование ковариантной формы записи уравнений, описывающих законы природы, в неускоренных (СТО), а затем и в ускоренных (ОТО) системах отсчёта. Но, к сожалению, ни Эйнштейн, ни его последователи, так и не смогли до конца осознать, что требование записи уравнений движения в ковариантной форме является не физическим, а математическим, и оно справедливо и оправданно только и только в тех системах отсчёта, которые были изъяты Ньютоном из его динамической теории. Это кинематические системы отсчёта, относительно которых может возникнуть ускоренное движение материальной частицы без приложения к ней сил, что обусловлено тем, поясняет Ньютон, что такие силы приложены к материальным телам, по отношению к которым данное движение частицы наблюдается. Требование Эйнштейна ковариантной формы записи уравнений движения в кинематических системах отсчёта логически оправдано, и обусловлено тем, что в кинематике, в противоположность динамике, все системы отсчёта равноправны. Требование ковариантности уравнений Максвелла в электродинамике полностью оправдывается при описании процессов в свободном электромагнитном поле без зарядов и токов, в частности, в оптике – эффект Доплера. И это явилось объективной предпосылкой возникновения релятивистской теории относительности Эйнштейна. Но за этим последовало ничем не оправданное требование такой же ковариантной формы записи динамических уравнений движения с зарядами, токами, массами и в инерциальных (по Ньютону) системах отсчёта. Для этого пришлось, как говорят физики “руками” ввести преобразование зарядов, токов и масс, что, как показал Лоренц, не является непосредственным следствием преобразований Лоренца. В результате были отождествлены все неускоренные друг относительно друга системы отсчёта без подразделения их на динамические и кинематические. А ведь Ньютон столько усилий приложил к тому, чтобы обосновать недопустимость такого отождествления! Но, с лёгкой руки Маха, об этом было забыто, и результаты, полученные в Теории относительности Эйнштейна в кинематических системах отсчёта, стали переносить, выискивая соответствующую интерпретацию, на динамические системы отсчёта Ньютона. Однако осталось не замеченным, что при этом нарушается закон сохранения и превращения энергии. Энергия есть количественная, скалярная мера движения материи в тех процессах, где речь идёт о превращении одной формы движения материи в другую. Закон сохранения и превращения энергии проявляется лишь при взаимодействии различных форм существования материи, то есть в динамике. Нет взаимодействия, нет действия и противодействия – нет и превращения энергии. Причём в природе не существует первопричины, первоисточника движения. Существует лишь круговорот и превращение во взаимодействии одной формы движения материи в другую. Обычно, мы разрываем эту замкнутую цепочку взаимопревращений и называем первопричиной рассматриваемого явления ближайшую предшествующую форму движения материи. Так, например, такой ближайшей первопричиной возникновения магнитного поля электрического тока является работа сторонних сил, поддерживающих движение электрических зарядов.

Те движения материи, которые обусловлены лишь движением кинематических систем отсчёта, не сопровождаются превращением энергии, и такие кинематические движения не изменяют энергию наблюдаемой физической системы. Согласно же современной интер-

претации СТО Эйнштейна, при наблюдении из движущейся кинематической системы отсчёта за покоящимися в инерциальной системе отсчёта зарядами, также должно возникнуть магнитное поле поля. “Ясно,- пишет Эйнштейн в своей основополагающей статье 1905 года,- что те же результаты получаются для тел, находящиеся в покое в «покоящейся» системе, но рассматриваемые из системы, которая равномерно движется” [5]. В связи с этим Лоренц заметил: “Следует обратить особое внимание на замечательную обратимость, на которую указал Эйнштейн, До сих пор исследованиями явлений в неподвижной системе занимался только наблюдатель А0, тогда как наблюдатель А ограничивался подвижной системой S... Обратимость заключается в том, что если наблюдатель А начнёт совершенно таким же способом описывать поле неподвижной системы, он опишет его вполне точно” [6]. Однако при этом осталось не замеченным, что такая замечательная обратимость Эйнштейна приводит к нарушению закона сохранения и превращения энергии. Теория, которая предсказывает эффекты, противоречащие закону сохранения и превращения энергии, в физике отвергается. Теорию относительности Эйнштейна отвергать не понадобится, но придётся её переосмыслить как теорию в кинематических системах отсчёта. Предвидение французского учёного Пенлеве о судьбе Теории относительности Эйнштейна оказались пророческими: “Я полагаю, что от этого учения останется много формул, которые без труда будут включены в классическую науку. Но принципы или научно-философские следствия, которые при различном мнении представляются либо как скандал, либо как чудо теории относительности, не сохраняются” [7].

Исторический урок: “Распознавание истинных (динамических) движений отдельных тел, и точное их разграничение от кажущихся (кинематических) весьма трудно, ибо части того неподвижного пространства, о которых говорилось, и в которых совершаются истинные движения тел, не ощущаются нашими органами чувств. Однако это дело не вполне безнадежное. Основания для суждений можно заимствовать частью из кажущихся движений, представляющих разность истинных, частью из сил, представляющих причины и проявления истинных движений... Нахождение же истинных движений тел по причинам их производящим, по их проявлениям и по разностям кажущихся движений, и, наоборот, нахождение по истинным или кажущимся движениям их причин и проявлений излагается подробно в последующем” [3].

#### ***Библиографический список***

1. Потехин А. Ф. Методологические основы физики в кинематических системах отсчёта. // Материалы V Международной конференции «Актуальные вопросы теоретической и прикладной биофизики, физики и химии» – Севастополь (Украина), 21-25 апреля 2009 – С. 11-14. – Режим доступа: (<http://potjekhin.narod.ru/>).
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. / Л.Д. Ландау, Е.М.Лифшиц – М.: Наука, 1988. – 510с.
3. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. / И. Ньютон – М.: Наука, 1989. – 688с.
4. Потехин А.Ф. О классификации систем отсчёта в классической физике Ньютона-Максвелла (Пленарный доклад на II Всеукраинской конференции «Актуальные проблемы физики»). / А.Ф. Потехин // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. Випуск 5/2008 (52), частина 1 – Кременчук (Україна). 2008. – С. 118-124. – Режим доступа: (<http://potjekhin.narod.ru/>).
5. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. В 4-х т. – М.: Наука, 1974. –Т 1, с. 18.
6. Г.А. Лорентц. Теория электронов и её применение к явлениям света и теплового излучения. – М.: Гостехиздат, 1956. – С. 328.
7. Спасский Б. И. История физики. Т.II. – М.: Высшая школа, 1977. – С.187.

#### **Приложение:**

#### **СПОНТАННО ВОЗНИКШАЯ ПЕРЕПИСКА ПО ДАННОМУ ДОКЛАДУ**

.....

**От: Потехин А.Ф.**

Кому: [rybakovag2001@mail.ru](mailto:rybakovag2001@mail.ru)

Написано: 24 апреля 2009 г., 10:38:23

Тема: БФФХ - 2009

Файлы: <none>

-----

Здравствуйтесь, Владимир Леонидович (Лучин)!

Прибыл домой. Спасибо ещё раз за приём и организацию конференции!

Меня заинтриговало вскользь сделанное вами замечание при прощании. Вы сказали, что жаль, что не было на конференции одного из членов вашей кафедры, который получил результаты по эффекту Доплера, аналогичные моим. Пожалуйста, СРОЧНО сообщите Ф.И.О, этого члена кафедры и контактный адрес электронной почты для связи с ним. Есть ли среди представленных на эту конференцию докладов и его доклад?

С наилучшими пожеланиями, А. Потехин

.....

**От: Alexandr Rybakov <[rybakovag2001@mail.ru](mailto:rybakovag2001@mail.ru)>**

Кому: Потехин А.Ф.

Написано: 24 апреля 2009 г., 11:40:08

Тема: БФФХ - 2009

Файлы: <none>

-----

Уважаемый Анатолий Федорович!

Владимир Леонидович в данный момент на экскурсии в Массандре, поэтому отвечаю я. Упомянутый сотрудник нашей кафедры - это к.ф.-м.н., доцент Леонтович Александр Львович. На нашей конференции в этом году его доклада, к сожалению, не было.

С наилучшими пожеланиями и до встречи в следующем году, Д.П. Воронин

.....

**От: Потехин А.Ф.**

Кому: Alexandr Rybakov <[rybakovag2001@mail.ru](mailto:rybakovag2001@mail.ru)>

Написано: 24 апреля 2009 г., 12:47:57

Тема: Письмо Леонтовичу

Файлы: <none>

-----

Уважаемый, Александр Львович (Леонтович)!

Владимир Леонидович (Лучин) сообщил мне (на второй день после моего доклада на конференции БФФХ - 2009), что в той части моего доклада, что касается эффекта Доплера, вы получили результаты, аналогичные моим. Более того, что вы уже ранее направили статью по этому вопросу в один из журналов. Пожалуйста, посмотрите мою статью в материалах конференции БФФХ - 2009 и сообщите по E-mail, в какой степени ваши результаты пересекаются с полученными мною.

С уважением, профессор Потехин А.Ф.

.....

**От: Alexandr Rybakov <[rybakovag2001@mail.ru](mailto:rybakovag2001@mail.ru)>**

Кому: Потехин А.Ф.

Написано: 27 апреля 2009 г., 13:36:15

Тема: Ответ Леонтовича  
 Файлы: <none>

-----  
 Уважаемый Анатолий Федорович!

Я передал Ваше письмо Александру Львовичу. Вот его дословный ответ: "Наши работы не пересекается, у меня совершенно другой подход. Как только выйдет моя статья, я обязательно перешлю ее Вам для ознакомления."

С уважением, Дмитрий Воронин

.....  
**От: Потехин А.Ф**

Кому: Alexandr Rybakov <rybakovag2001@mail.ru>

Написано: 27 апреля 2009 г., 14:23:36

Тема: Мой последний вопрос к А.Л. Леонтовичу

Файлы: <none>

-----  
 Уважаемый, Александр Львович!

Признателен вам за ответ. Откровенно говоря, несколько удивлён тем, что вы не представили вашу работу по эффекту Доплера на конференцию международного масштаба, организованную вашей же кафедрой, не приняли участия в этой конференции и не пожелали войти со мной в контакт для обсуждения этого эффекта, хотя заранее знали о полученных мною результатах по эффекту Доплера из представленных мною тезисов доклада задолго до открытия конференции. Вызывает удивление также и тот факт, что закрывая дискуссию по моему докладу, Владимир Леонидович Лучин, ваш зав. кафедрой, ничего не сказал о том, что аналогичные результаты получены вами, и это при том, что я обратил внимание аудитории на то, что релятивистская формула эффекта Доплера нигде и никем ещё не была получена исходя из классической (дорелятивистской) физики. И лишь на второй день после моего доклада, прощаясь со мной, Владимир Леонидович вскользь заметил, что аналогичные результаты по эффекту Доплера, получили вы. Какие именно результаты - уточнено не было. Поэтому, мой последний к вам вопрос: получили ли вы релятивистскую формулу для эффекта Доплера исходя из классической (дорелятивистской) физики? Ответ может быть кратким: ДА или НЕТ.

С уважением, А. Потехин

.....  
 ОТВЕТА НЕ ПОСЛЕДОВАЛО!

#### **Заключение по данной переписке**

Признателен зав. кафедрой физики Севастопольского национального технического университета Владимиру Леонидовичу Лучину, как основного организатора данной конференции, за своевременное предупреждение о возможности скрытого плагиата по материалам моего доклада, что подорвало бы авторитет данного вуза и лишило бы его возможности проведения этой конференции в дальнейшем.

Профессор Потехин А.Ф.

.....