КЛАССИФИКАЦИИ СИСТЕМ ОТСЧЁТА В ФИЗИКЕ

Потехин А. Ф.
Одесский Национальный морской университет
65029, Одесса, ул. Мечникова, 34. Украина

Выявлено, что отнесение в физике всех неускоренных систем отсчёта к инерциальным, а всех ускоренных по отношению к ним к неинерциальным системам отсчёта, является ошибочным. Введено понятие динамических и кинематических систем отсчёта. Показано, что инерциальными и неинерциальными могут быть только динамические системы отсчёта. Выведены недостающие в современной физике основное уравнение динамики материальной точки в динамических неинерциальных системах отсчёта в механике и электродинамические уравнения Максвелла в кинематических неускоренных (по отношению к инерциальным) системах отсчёта в электродинамике. Рассмотрены задачи динамики движущихся тел, которые невозможно решить без этих недостающих уравнений физики.

Ключевые слова: динамические и кинематические системы отсчёта; неинерциальные и инерциальные системы отсчёта; неускоренные и ускоренные системы отсчёта.

Абсолютное пространство Ньютона

В начале XX столетия были отвергнуты понятия абсолютного пространства и абсолютного времени Ньютона и, в результате, оставлен тот прочный фундамент, на котором базировалась классическая физика до конца X1X века. Это привело к далеко идущим последствиям, вплоть до невозможности решить элементарные задачи динамики движущихся тел. Ограничимся двумя примерами.

Пример первый. Согласно современным релятивистским представлениям, поле покоящегося в физической лаборатории электрического заряда описывается в системе отсчёта движущегося с постоянной скоростью трамвая теми же уравнениями, что и поле такого же заряда, покоящегося в этом трамвае, относительно системы отсчёта лаборатории. Эксперимент это опровергает, регистрируя магнитное поле лишь во втором случае.

Пример второй. Согласно современным релятивистским представлениям, колебания математического маятника с неподвижной точкой подвеса в физической лаборатории описывается в системе отсчёта движущегося с постоянным ускорением трамвая тем же уравнением динамики относительного движения точки, что и колебания такого же математического маятника с неподвижной точкой подвеса в этом трамвае относительно системы отсчёта трамвая. Эксперимент это опровергает, регистрируя отклонение местной вертикали лишь во втором случае.

В заложенном Ньютоном в фундамент классической физики понятийном аппарате, понятия абсолютного или неподвижного пространства и абсолютного или универсального времени, играют особую роль. Введением этих понятий Ньютон, во-первых, устранил влияние выбора относительных пространства (тел отсчёта) и относительного времени (приближённо равномерного движения) на описание движения тел. Во-вторых, он учёл наличие в природе динамически выделенной системы отсчёта, вращение относительно которой сопровождается стремлением частиц удалиться от оси вращения (опыт Ньютона с вращающимся ведром с водой).

Поскольку факт вращения Земли относительно сферы удалённых звёзд Ньютону был известны, то в качестве абсолютной он практически использовал Гелиоцентрическую систему отсчёта. Однако Ньютон, вопреки тому, что ему приписывают, понимал всю условность выбора абсолютно неподвижной системы отсчёта: “*Может оказаться, что в действительности не* *существует покоящегося тела, к которому можно было бы относить места и движения прочих*" [1]. Можно говорить лишь об иерархии «неподвижных» или «абсолютных», вложенных одна в другую, систем отсчёта по типу матрёшки: для движущегося корабля неподвижной является система отсчёта, связанная с поверхностью Земли; для поверхности Земли неподвижной является система отсчёта, начало которой совпадает с центром Земли, а оси направлены к удалённым звёздам; для этой, в свою очередь, неподвижной является Гелиоцентрическая система отсчёта и т. д. Таким образом, понятие абсолютной системы отсчёта (АСО) есть понятие относительное. По мере глобализации «неподвижных» систем отсчёта, мы приближаемся к абсолютному пространству Ньютона лишь в пределе. Критиковать абсолютное пространство и абсолютное время Ньютона так же бессмысленно, как критиковать другие научные абстракции, например, понятия идеальной жидкости или газа, абсолютно твёрдого тела или материальной точки.

О классификации систем отсчёта в современной физике.

Понятие системы отсчёта является фундаментальным в теоретической физике. Общепринятым [2], [3] и др., является следующее кинематическое определение: система координат, связанная с телом отсчёта и служащая для указания положения частиц в пространстве, вместе со связанной с этой системой часами, служащими для указания времени, называется системой отсчёта. Современная физика базируются на следующей кинематической процедуре разбиения систем отсчёта на два класса [2], [3] и др. Фиксируется одна из систем отсчёта, относительно которой материальная точка движется равномерно и прямолинейно. Далее, с помощью кинематических преобразований Галилея, доказывается теорема: если геометрическая точка движется равномерно и прямолинейно относительно одной из систем отсчёта, то существует и бесчисленное множество систем отсчёта, относительно которых эта же геометрическая точка будет двигаться равномерно и прямолинейно. Все такие системы отсчёта, движущиеся друг относительно друга поступательно, равномерно и прямолинейно, названы инерциальными. Системы отсчёта, которые движутся ускоренно относительно определённых таким образом инерциальных систем отсчёта, названы неинерциальными.

Такое кинематическое выделение класса инерциальных и неинерциальных систем отсчёта в современной физике является некорректным. Динамический аспект (движение материальной частицы по инерции относительно своего тела отсчёта при одновременном увлечении этой частицы в переносное движение данного тела отсчёта) введенных таким образом инерциальных систем отсчёта, упущен. Только в динамике, где проявляется такое свойство тел, как их инертность, может быть корректно введено понятие инерциальных и неинерциальных систем отсчёта. Поэтому введенные указанным выше кинематическим образом системы отсчета целесообразно называть кинематическими неускоренными и кинематическими ускоренными системами отсчёта или, для сокращения, просто неускоренными и ускоренными системами отсчёта.

Динамические и кинематические, инерциальные и неинерциальные системы отсчёта согласно Ньютону

В соответствии с динамическим [4] принципом относительности Галилея-Ньютона, взаимное движение системы взаимодействующих между собой материальных частиц не будет зависеть от их общего движения с одной и той же переносной скоростью. Это положение сформулировано у Ньютона в Следствии Y после изложения его законов: "*Относительные движения друг по отношению к другу тел, заключенных в каком-либо пространстве, одинаковы, – покоится ли это пространство или движется равномерно и прямолинейно без вращения*". При этом следует учесть следующее замечание Ньютона: "*Тело, движущееся в подвижном пространстве, участвует и в движении этого пространства, поэтому тело, движущееся от подвижного места, участвует в движении своего места*". Следствие Y Ньютон заключает таким комментарием:

“*Это подтверждается обильно опытами. Все движения на корабле совершаются одинаково, находится ли он в покое или движется равномерно и прямолинейно*”

Согласно Ньютону, все системы отсчёта должны быть разделены на два класса - динамические и кинематические. Если рассматриваемая система материальных частиц движется вместе с системой отсчёта $\sum$, которая, в свою очередь, движется относительно абсолютной системы отсчёта $\sum^0$, то $\sum$ называется динамической системой отсчёта для данного процесса. Если рассматриваемая система материальных частиц не принимает участия в переносном движении совместно с системой отсчёта $\sum'$, то последняя называется кинематической для данного процесса. Следует подчеркнуть относительность этих понятий: одна и та же система отсчёта для одних процессов может быть динамической, для других – кинематической.

Динамические системы отсчёта, в свою очередь, подразделяются на два класса – инерциальные и неинерциальные. Именно в динамике появляется понятие инерциальных систем отсчёта. Согласно экспериментально установленному динамическому [4] принципу относительности Галилея, системы отсчёта, которые движутся поступательно, равномерно и прямолинейно относительно сферы удалённых звёзд, следовательно, и друг относительно друга, называются динамическими инерциальными системами отсчёта. В каждой из таких систем отсчёта, согласно эксперименту, физические законы не только механики, но и электродинамики, формулируются и записываются одинаково с точностью до обозначения координат. В уравнения движения физических процессов в динамических инерциальных системах отсчёта никогда не входит скорость их движения относительно других систем отсчёта. Динамические системы отсчёта, которые движутся ускоренно относительно динамических инерциальных систем отсчёта, называются неинерциальными динамическими системами отсчёта.

Именно введенные таким динамическим способом системы отсчета следует называть динамическими инерциальными и динамическими неинерциальными системами отсчёта или, для сокращения, просто инерциальными и неинерциальными системами отсчёта.

В связи с неверной классификацией систем отсчёта в современной физике, оставалось незамеченным а) отсутствие основного уравнения динамики материальной точки в динамических неинерциальных системах отсчёта в механике и б) отсутствие электродинамических уравнений Максвелла в кинематических неускоренных, по отношению к инерциальным, системах отсчёта в электродинамике. Ниже дан вывод этих недостающих уравнений физики и решены приведенные выше примеры.

Основной закон динамики относительного движения материальной точки в динамических неинерциальных системах отсчёта

Общепринятым в современной физике является следующий вывод основного уравнения динамики относительного движения точки в ускоренных системах отсчёта. Записывается основное уравнение динамики точки в инерциальной системе отсчёта $\sum$, которая принимается за неподвижную

$$m\bar{a} = \sum \bar{F}_k . \qquad (1)$$

Движение этой же самой материальной точки рассматривается относительно другой, произвольно движущейся системы отсчёта $\sum'$. Применяя известные кинематические преобразования систем отсчёта,

$$\bar{r} = \bar{r}_{0'} + \bar{r}', \qquad t = t', \qquad (2)$$

из (1) получают основное уравнение динамики точки в системе отсчёта $\sum'$

$$m\bar{a}' = \sum \bar{F}_k + \bar{J}^{tr} + \bar{J}^{Cor}, \qquad (3)$$

где

$$\vec{J}^{tr} = -m\overline{a}^{tr}, \qquad (4)$$

$$\vec{J}^{Cor} = -m\overline{a}^{Cor}. \qquad (5)$$

Уравнение (3) является лишь другой формой записи уравнения (1). Появившиеся в уравнении (3) переносная $\vec{J}^{tr}$ и Кориолисова $\vec{J}^{Cor}$ силы инерции есть результат чисто математического преобразования. Поэтому эти "силы инерции", не являясь результатом динамического взаимодействия, есть силы фиктивные, появляющиеся вследствие взаимного движения систем отсчёта.

Рассмотрим теперь случай динамической неинерциальной системы отсчёта $\sum'$. Основной закон относительного движения материальной точки в этом случае не может быть получен с помощью кинематического преобразования (2) систем отсчёта, так-так то тело отсчёта, с которым связана система отсчёта $\sum'$, динамически взаимодействует с данной материальной точкой. Этот закон должен быть получен непосредственно с помощью исходных принципов Ньютона.

Пусть относительно динамической инерциальной системы отсчёта $\sum$, принимаемой за неподвижную (например, система отсчёта, связанная с поверхностью Земли), движется другая динамическая инерциальная система отсчёта $\sum'$ (например, система отсчёта, связанная с кораблём), которая для рассматриваемой материальной точки является динамической (например, математический маятник с неподвижной точкой подвеса в трюме корабля). Движение этой точки в $\sum'$ описывается уравнением

$$m\overline{a}' = \sum \overline{F}_k. \qquad (6)$$

Сообщим этой динамической штрихованной системе отсчёта $\sum'$ произвольное движение относительно $\sum$. Материальная точка (математический маятник в трюме корабля), двигаясь относительно штрихованной системы отсчёта $\sum'$, участвует в ускоренном движении этой системы отсчёта по отношению к $\sum$. В таком случае, в направлении переносного и Кориолисового ускорений материальная точка взаимодействует с тем телом, с которым связана система отсчёта $\sum'$. Тогда в направлении переносного ускорения действует сила реакции $\overline{N}^{tr}$, а в направлении кориолисового ускорения действует сила реакции $\overline{N}^{Cor}$. Согласно второму закона Ньютона,

$$m\overline{a}^{tr} = \overline{N}^{tr}, \qquad (7)$$

$$m\overline{a}^{Cor} = \overline{N}^{Cor}. \qquad (8)$$

Складывая левые и правые части равенств (6), (7), (8), т. е. применяя принцип независимости действия сил классической механике Ньютона, получим

$$m\overline{a}' = \sum \overline{F}_k + \overline{N}^{tr} + \overline{N}^{Cor} + \overline{F}^{tr} + \overline{F}^{Cor}, \qquad (9)$$

где

$$\overline{F}^{tr} = -m\overline{a}^{tr}, \qquad (10)$$

$$\overline{F}^{Cor} = -m\overline{a}^{Cor}. \qquad (11)$$

Уравнение (3) движения материальной точки в кинематической ускоренной системе отсчёта принципиально отличается от уравнения (9) в динамической неинерциальной системе отсчёта. Во-первых, уравнение (3) получено в результате формально-математичского преобразования систем отсчёта, в то время как уравнение (9) доказано на основании исходных принципов механики Ньютона. Во-вторых, в (3) переносная и Кориолисова силы инерции является кинематическими или фиктивными, тогда как в (9) переносная и Кориолисова силы инерции являются динамическими или реальными, обусловленными соответствующими силами реакций $\overline{N}^{tr}$ и $\overline{N}^{Cor}$.

Заметим, что, несмотря на выполнение математических равенств (7), (8), взаимно противоположные физические силы N^{tr}, $\overline{F}^{tr}$, и $\overline{N}^{Cor}$, $\overline{F}^{Cor}$ в уравнении (9) не компенсируются, так как силы реакции N^{tr} и $\overline{N}^{Cor}$ являются поверхностными силами, в то время, как $\overline{F}^{tr}$ и $\overline{F}^{Cor}$ являются силами объёмными.

Пример 1. Рассмотреть затухающие линейные колебания математического маятника в системе отсчёта $O'x'y'$ (тележки), которая движется поступательно относительно неподвижной системы отсчёта Oxy поверхности Земли (лабораторной) с ускорением $\overline{q}$. Точка подвеса маятника и среда сопротивления неподвижны в лабораторной системе отсчёта.

Решение.

С известной точностью, лабораторную систему отсчёта принимаем за неподвижную. Считаем, что в начальный момент времени начала неподвижной и подвижной штрихованной систем отсчёта совпадают с точкой подвеса маятника и их оси параллельны. Движение штрихованной системы отсчёта происходит в положительном направлении оси x. В этом случае маятник не принимает участия в движении штрихованной системы отсчёта, поэтому эта система отсчёта для него является кинематической. Тогда основное уравнение динамики (3) груза маятника принимает вид

$$m\overline{a}' = \overline{P} + \overline{T} + \overline{R} + \overline{J}^{tr} \qquad (12)$$

где $\overline{P}, \overline{T}, \overline{R}, \overline{J}^{tr}$, соответственно сила тяжести груза, сила реакции нити, сила сопротивления среды и переносная фиктивная сила инерции груза.

В силу кинематического преобразования

$$\overline{r} = \frac{1}{2}\overline{q}t^2 + \overline{r}', \qquad t = t' \qquad (13)$$

получим

$$\overline{R} = -\mu\overline{v} = -\mu(\overline{q}t + \overline{v}'), \qquad \overline{J}^{tr} = -m\overline{q} \qquad (14)$$

Проектируя (12) на направление касательной к траектории груза маятника в неподвижной системе отсчёта, с учётом соотношений $v'_\tau = v_\tau - q_\tau t$, $a'_\tau = a_\tau - q_\tau$, и принимая во внимание, что в силу преобразования (13) $\varphi = \varphi'$, получим уравнение колебаний маятника в штрихованной системе отсчёта.

$$\ddot{\varphi}' + 2n\dot{\varphi}' + k_1{}^2\varphi' = 0 \qquad (15)$$

Тогда

$$\varphi' = e^{-nt}\left(C_1\cos k_1 t + C_2\sin k_1 t\right), \qquad (16)$$

$$x' = l\sin\varphi' - \frac{qt^2}{2}, \quad y' = l\cos\varphi', \qquad (17)$$

$$T = ml\dot{\varphi}'^2 + P\cos\varphi'. \qquad (18)$$

Таким образом, из штрихованной системы отсчёта видны те же колебания маятника, что и из неподвижной системы отсчёта, но удаляющиеся с ускорением q в отрицательном направлении оси x

Пример 2. Рассмотреть затухающие линейные колебания математического маятника в системе отсчёта $O'x'y'$ (тележки), которая движется поступательно относительно неподвижной системы отсчёта Oxy поверхности Земли (лабораторной) с ускорением $\overline{q}$. Точка подвеса маятника и среда сопротивления неподвижны в системе отсчёта $O'x'y'$ тележки.

Решение.

Система отсчёта $O'x'y'$ является для маятника динамической неинерциальной. Основное уравнение динамики точки (9) в этом случае принимает вид

$$m\overline{a}' = \overline{P} + \overline{T} + \overline{R} + \overline{T}' + \overline{F}^{tr} \qquad (19)$$

здесь $\overline{T}'$ – та часть силы реакции нити, которая обеспечивает перемещение груза маятника вместе с тележкой с ускорением $\overline{q}$, в силу чего возникает реальная, физическая переносная сила инерции

$$\overline{F}^{tr} = -mq \qquad (20)$$

Вводя полную силу реакции нити маятника

$$\overline{T}^* = \overline{T} + \overline{T}' \qquad (21)$$

перепишем уравнение (19) в виде

$$m\overline{a}' = \overline{P} + \overline{T}^* + \overline{R} + \overline{F}^{tr} \qquad (22)$$

Проектируя (22) на направление касательной к траектории груза маятника в штрихованной системе отсчёта, получим дифференциальное уравнение колебаний маятника

$$\ddot{\varphi}' + 2n\dot{\varphi}' + k_1^2\varphi' = -ql^{-1} \qquad (23)$$

решая которое, находим

$$\varphi' = e^{-nt}\left(C_1\cos k_1 t + C_2 \sin k_1 t\right) - \frac{q}{lk_1^2}, \qquad (24)$$

$$x' = l\sin\varphi'; \quad y' = l\cos\varphi', \qquad (25)$$

$$T^* = ml\dot{\varphi}'^2 + P\cos\varphi' - mq\sin\varphi'. \qquad (26)$$

Сравнение решения приведенных двух задач о колебаниях маятника в кинематической ускоренной и динамической неинерциальной системах отсчёта выявляет их принципиальное различие. Во-первых, в динамической ускоренной системе отсчёта возникла дополнительная сила реакции нити T', приложенная к грузу маятника. Во-вторых, в динамической ускоренной системе отсчёта переносная сила инерции $\overline{F}^{tr}$ является физической или реальной, которая привела к отклонению местной вертикали в системе отсчёта тележки на угол $\varphi_0 = -\frac{q}{lk_1^2}$ и проявляется она также как сила противодействия со стороны нити маятника на его точку подвеса.

Уравнения Максвелла в кинематических неускоренных системах отсчёта

Уравнения Максвелла в вакууме для электрического заряда плотности ρ_e^0, движущегося со скоростью $\overline{v}^0$ относительно абсолютной системы отсчёта $\sum^0$, имеют вид

$$div\,\overline{E}^0 = \frac{1}{\varepsilon_0}\rho_e^0, \qquad (27)$$

$$rot\,\overline{E}^0 = -\frac{\partial B^0}{\partial t^0}, \qquad (28)$$

,

$$div\,\overline{B}^0 = 0, \qquad (29)$$

$$rot\,\overline{B}^0 = \mu_0\rho_e^0\overline{v}^0 + \frac{1}{c^2}\frac{\partial \overline{E}^0}{\partial t^0}, \qquad (30)$$

где ε_0, μ_0 - электрическая и магнитная постоянная, т. е.

$$\varepsilon_0 = const, \quad \mu_0 = const, \quad c = (\varepsilon_0 \mu_0)^{-1/2} = const\,, \qquad 31)$$

c - скорость распространения фронта электромагнитной волны (света) в $\sum^0$.

Пусть заряд ρ_e, движется вместе с некоторой инерциальной системой отсчёта $\sum$ и, одновременно, относительно этой системы отсчёта со скоростью $\bar{v}$, т. е., по отношению к рассматриваемому процессу, $\sum$ является динамической ИСО. В этом случае, согласно динамическому принципу относительности Галилея, уравнения Максвелла в ИСО $\sum$ имеют тот же вид, что и в $\sum^0$

$$div\,\overline{E} = \frac{1}{\varepsilon_0}\rho_e, \qquad (32)$$

$$rot\,\overline{E} = -\frac{\partial B}{\partial t}, \qquad (33)$$

$$div\,\overline{B} = 0, \qquad (34)$$

$$rot\,\overline{B} = \mu_0 \rho_e \bar{v} + \frac{1}{c^2}\frac{\partial \overline{E}}{\partial t} \qquad (35)$$

с теми же значениями констант согласно (31). Физический смысл константы c при этом остаётся тем же – это скорость света относительно $\sum^0$, которая, согласно эксперименту, не зависти от того, покоится или движется относительно $\sum^0$ источник света. Это является следствием того факта, что фотон не имеет массы покоя, поэтому первый закон Ньютона, закон инерции, к нему не применим. Фотон, в отличие от материальной частицы, не сохраняет скорости движения своего источника.

В теории движущихся зарядов возникла и другая задача: необходимо описать в кинематической неускоренной системе отсчёта $\sum'$ поле заряда ρ_e, движение которого задано в динамической ИСО $\sum$. При этом, $\sum'$ движется относительно ИСО $\sum$ со скоростью $\bar{u} = const$. Чтобы описать в $\sum'$ процесс, который происходит в ИСО $\sum$, применим кинематическое преобразование Галилея

$$\bar{r} = \bar{r}' + \bar{u}t, \qquad t = t' \qquad (36)$$

к системе уравнений (32-25).

Выведем некоторые вспомогательные соотношения. Применив к функции $f(\bar{r}, t)$ преобразования Галилея (36), получим

$$f(\bar{r}, t) = f(\bar{r}' + \bar{u}t', t') = f'(r', t'). \qquad (37)$$

Далее находим

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{\partial f'}{\partial t'}\frac{\partial t'}{\partial t} + \frac{\partial f'}{\partial \bar{r}'}\frac{\partial \bar{r}'}{\partial t}. \qquad (38)$$

$$\frac{\partial f}{\partial \bar{r}} = \frac{\partial f'}{\partial \bar{r}'}\frac{\partial \bar{r}'}{\partial \bar{r}}. \qquad (39)$$

Принимая также во внимание, что

$$\frac{\partial t'}{\partial t} = 1, \quad \frac{\partial r'}{\partial t} = -\bar{u}, \quad \frac{\partial \bar{r}'}{\partial \bar{r}} = \delta, (\delta_{ij} = 1, i = j;\ \delta_{ij} = 0, i \neq j), \qquad (40)$$

из (38) и (39) получаем следующие соотношения между операторами в штрихованной и не штрихованной системах отсчёта

$$\frac{\partial}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial t'}-\overline{u}\overline{\nabla}', \quad \overline{\nabla}=\overline{\nabla}'. \qquad (41)$$

С учётом (41), уравнения Максвелла (32-35), после применения к ним кинематического преобразования Галилея, принимают следующий вид в неускоренной системе отсчёта $\sum'$

$$div\overline{E}'=\frac{1}{\varepsilon_0}\rho_e, \qquad (42)$$

$$rot\,\overline{E}'==-(\frac{\partial}{\partial t'}-\overline{u}\overline{\nabla}')\overline{B}', \qquad (43)$$

$$div\,\overline{B}'=0, \qquad (44)$$

$$rot\,\overline{B}'=\mu_0\rho_e(\overline{u}+\overline{v}')+\frac{1}{c^2}(\frac{\partial}{\partial t'}-\overline{u}\overline{\nabla}')\overline{E}', \qquad (45)$$

опять таки, с теми же значениями констант согласно (31). Выделим в последней системе уравнений члены, обуславливающие неинвариантность уравнений Максвелла относительно преобразований Галилея

$$div\overline{E}'=\frac{1}{\mu_0}\rho_e, \qquad (46)$$

$$rot\,\overline{E}'==-\frac{\partial}{\partial t'}B'+\left[(u\nabla')\overline{B}'\right], \qquad (47)$$

$$div\,\overline{B}'=0, \qquad (48)$$

$$rot\,\overline{B}'=\mu_0\rho_e\overline{v}'+\frac{1}{c^2}\frac{\partial}{\partial t'}E'+\left[\mu_0\rho_e\overline{u}-\frac{1}{c^2}(\overline{u}\overline{\nabla}')\overline{E}'\right]. \qquad (49)$$

Как и следовало ожидать, неинвариантность обусловлена конвективным током и конвективной производной от векторов поля – члены в квадратных скобках.

Пример. Электрический заряд q' покоится в начале штрихованной ИСО $\sum'(x',y',z',t')$ движущегося трамвая, а заряд q покоится в начале нештрихованной ИСО $\sum(x,y,z,t)$ движущейся Земли. При этом, штрихованная система отсчёта движется вместе с нештрихованной и одновременно относительно неё со скоростью $\overline{u}$ в положительном направлении оси x. Найти поля этих зарядов в каждой из систем отсчёта.

а) Поле заряда q' в ИСО $\sum'$. $\sum'$ является для заряда q' динамической ИСО, поэтому следует применить систему уравнений Максвелла (32-35). В результате находим скалярный и векторный потенциалы

$$\phi'=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q'}{r'}, \qquad \overline{A}'=0. \qquad (50)$$

б) Поле заряда q в ИСО $\sum$. Этот случай аналогичен предыдущему, т. е. $\sum$ является для заряда q динамической ИСО, поэтому следует применить систему уравнений Максвелла (32-35). В результате находим скалярный и векторный потенциалы

$$\phi=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}, \qquad \overline{A}=0. \qquad (51)$$

в) Поле заряда q' в ИСО $\sum$. Заряд q' движется вместе с системой отсчёта $\sum$ и одновременно относительно неё со скоростью $\overline{v}=\overline{u}$. Следовательно, $\sum$ является для заряда q' динамической

ИСО, поэтому необходимо применить систему уравнений Максвелла (32-35). Применяя для решения этой системы уравнений предложенный Хевисайдом [5] и мощно развитый проф. Ефименко [6] метод запаздывающих интегралов, находим

$$\phi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q'}{\left[(x-ut)^2+(1-\frac{u^2}{c^2})(y^2+z^2)\right]^{1/2}}, \qquad (52)$$

$$\overline{A} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q'\overline{v}}{c^2\left[(x-ut)^2+(1-\frac{u^2}{c^2})(y^2+z^2)\right]^{1/2}}. \qquad (53)$$

г). Поле заряда q в $\sum'$. Заряд q не движется вместе с системой отсчёта $\sum'$, но относительно неё он движется со скоростью $\overline{v}'=-\overline{u}$. Следовательно, $\sum'$ является для заряда q кинематической, поэтому необходимо применить систему уравнений (42-45), которая в этом случае, принимает вид

$$div\overline{E}' = \frac{1}{\varepsilon_0} q\delta(x'-ut), \qquad (54)$$

$$rot\,\overline{E}' = 0, \qquad (55)$$

$$div\,\overline{B}' = 0, \qquad (56)$$

$$rot\,\overline{B}' = 0. \qquad (57)$$

Здесь учтено, что, так как поле заряда q в системе $\sum$ стационарно, то

$$\frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t'} - \overline{u}\overline{\nabla}' = 0 \qquad (58)$$

и, кроме того, $\overline{u}+\overline{v}'=0$. Из системы уравнений (54-57) находим

$$\phi' = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{\left[(x'+ut)^2+y'^2+z'^2\right]^{1/2}}, \qquad \overline{A}'=0. \qquad (59)$$

Из (59) следует: а) эквипотенциальные поверхности

$$\left[(x'+ut)^2+y'^2+z'^2\right] = const \qquad (60)$$

заряда q в кинематической системе отсчёта $\sum'$ есть сферические поверхности, движущиеся вместе с этим зарядом в отрицательном направлении оси x'; б) конвективный ток, обусловленный движением кинематической системой отсчёта $\sum'$, магнитного поля не создаёт. Оба этих вывода согласуются с экспериментом и теорией Вильхльма. Следует отметить существенный вклад проф. Х. Вильхельма ([7] и др.) в создание Галилей-ковариантной теории электродинамики движущихся тел в абсолютном пространстве-времени.

Выводы

1. Все движущиеся друг относительно друга системы отсчёта подразделяются на два класса – динамические и кинематические. Если рассматриваемая система материальных частиц движется вместе с системой отсчёта $\sum$, которая, в свою очередь, движется относительно абсолютной системы отсчёта $\sum^0$, то $\sum$ называется динамической системой отсчёта для данного процесса. Если рассматриваемая система материальных частиц не принимает участия в переносном

движении вместе с системой отсчёта $\sum$, то последняя называется кинематической для данного процесса.

2. Динамические системы отсчёта, в свою очередь, подразделяются на два класса – инерциальные и неинерциальные. Динамические системы отсчёта, которые движутся поступательно, равномерно и прямолинейно относительно сферы удалённых звёзд (АСО), следовательно, и друг относительно друга, называются инерциальными системами отсчёта. В каждой из таких систем отсчёта, согласно экспериментальному принципу Галилея-Ньютона, физические законы формулируются и записываются одинаково с точностью до обозначения координат. Уравнения движения физических процессов в инерциальных системах отсчёта никогда не содержат скорость их движения относительно других систем отсчёта. Динамические системы отсчёта, которые движутся ускоренно относительно инерциальных систем отсчёта, называются неинерциальными системами отсчёта. Следовательно, все неинерциальные системы отсчёта движутся ускоренно относительно о сферы удалённых звёзд (АСО).

3. Подразделение кинематических систем отсчёта на неускоренные и ускоренные условно (относительно), поскольку все они равноправны и любая из них может быть принята за неподвижную. Если уравнение движения некоторого процесса относительно одной из систем отсчёта, принятой за неподвижную, известно, то уравнение движения этого же процесса относительно другой кинематической (для данного процесса) системы отсчёта может быть получено кинематическим преобразованием этих систем отсчёта, например, преобразованием Галилея. Уравнение движения физического процесса в кинематической системе отсчёта всегда содержит скорость её движения относительно другой системы отсчёта, так что в разных кинематических системах отсчёта один и тот же закон формулируется и записывается неодинаково.

1. Ньютон И. Математические начала натуральной философии.– М.: Наука, 1989.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц. Курс теоретической физики. Т.1. Механика. – М.: Наука, 1973.
3. Китель Ч., Найт У., Рудерман М. Берклеевский курс физики. Т.1. Механика. – М.: Наука, 1975.
4. Potjekhin A. F. // Hadronic Journal Supplement. – 1999. – 14. – P. 297-313.
5. Heavicide O. //, The Electrician. – 1893. – 31. – P. 281-282.
6. O. D. Jefimenko, Electromagnetic Retardation and Theory Relativity. – West Virginia.: Star City, 1997
7. Wilhelm H. E. // Hadronic Journal Supplement. – 1996. – 19. – P. 1-39

****

The journal “Annalen der Physik”

From: Anatoliy Potjekhin [mailto:a_potjekhin@osmu.odessa.ua]
Sent: Mittwoch, 30. Januar 2008 12:18
To: Kramer
Cc: eckern@physik.uni-augsburg.de
Subject: Re[4]: Potjekhin A.F, Odessa, Ukraine

Hello Kramer,

Dear Editor, Prof. Dr. Bernhard Kramer,
(Cc: 'eckern@physik.uni-augsburg.de)

You teach all standard lectures in theoretical physics including
"   Theoretical Mechanics
"   Electrodynamics
"   Theoretical Physics for teachers

So, You can understand the great Meaning of this my article CLASSIFICATION OF THE REFERENCE SYSTEMS IN PHYSICS.

I suppose, you recommend to publish this article in the Journal "Annalen der Physik"

Please, tell me that you had received and well opened this article.

Best wishes,
Prof. Potjekhin A.F.

****

From: Kramer <B.Kramer@jacobs-university.de>
To: 'Anatoliy Potjekhin' <a_potjekhin@osmu.odessa.ua>
Date: Monday, February 4, 2008, 4:21:48 PM
Subject: Potjekhin A.F, Odessa, Ukraine
Files: <none>

--====----====----====----====----====----====----====----====----====----===--

Dear Dr. Potjekhin,
I received your article which has now the ref number kr200801.
Best wishes
Bernhard Kramer

****

From: Kramer <B.Kramer@jacobs-university.de>
To: 'Anatoliy Potjekhin' <a_potjekhin@osmu.odessa.ua>
Date: Tuesday, March 4, 2008, 2:39:25 PM
Subject: Potjekhin A.F, Odessa, Ukraine
Files: <none>

--====----====----====----====----====----====----====----====----====----===--

Dear Dr. Potjekhin,

Thank you for sending your article on "Classification of the reference systems in physics" for publication in the Annalen der Physik.

Unfortunately, we cannot accept the paper. Its contents should much better fit the scope of other - possibly much more pedagogically oriented Journals. Therefore, we suggest that you send the paper to a more suitable journal for publication.

Best wishes
Bernhard Kramer

****