

GAMOV MEMORIAL INTERNATIONAL CONFERENCE
DEDICATED TO 100-TH ANNIVERSARY OF
GEORGE GAMOV

**«ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY
AFTER GAMOV –
THEORY AND OBSERVATIONS»**

Odessa, August 8–14, 2004

A B S T R A C T S

Odessa
«Astroprint»
2004

TU THE QUESTION OF THE PRINCIPLE OF EQUIVALENCE IN THE EINSTEIN'S GTR

Potjekhin A. F.

Department of Theoretical Mechanics, Odessa National Maritime University

It is consider two classes of the frame of reference – dynamical and kinematical one. If the considered system of material particles is moving together with the frame of reference Σ , which in turn is moving relative to the absolute (in Newton's sense) frame of reference Σ^0 , then Σ is called the dynamical frame of reference for the given process. If the considered system of material particles does not participate in transport motion together with the frame of reference Σ' , the last is called kinematical for the given process.

It is shown that well-known proofing of the general equation relative motion of the particle in the accelerated frames of reference is true only in the kinematical frame of reference. It is given the proofing of this equation also in the dynamical accelerated frames of reference. It has been found that the transport and Coriolis forces of inertia is fictive (kinematic) in the first case and real (dynamic) in the second case. In this, the Einstein's principle of equivalence of the gravitational field and the field of forces of inertia is true only in the dynamical accelerated frames of reference.

К ВОПРОСУ О ПРИНЦИПЕ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ В ОТО ЭЙНШТЕЙНА

Потехин А. Ф.

Кафедра теоретической механики, Одесский Национальный морской университет

Рассматривается два класса систем отсчёта – динамических и кинематических. Показано, что общепринятый вывод основного уравнения динамики точки в ускоренных системах отсчёта оказывается верным лишь в кинематических системах отсчёта. Дан вывод этого уравнения и для динамических ускоренных систем отсчёта. Выявлено, что появляющиеся при этом переносная и кориолисова силы инерции в первом случае являются фиктивными (кинематическими), а во втором случае реальными (динамическими). При этом принцип эквивалентности Эйнштейна гравитационного поля полю сил инерции оказывается справедливым только в динамических ускоренных системах отсчёта.

Введение

В начале XX столетия были отвергнуты понятия абсолютного пространства и абсолютного времени Ньютона [1] и, в результате, оставлен тот прочный фундамент, на котором базировалась классическая физика до конца XIX века. Физика сошла на зыбкую почву кинематического релятивизма Пуанкаре-Эйнштейна. И лишь к началу XXI столетия окончательно было установлено [2] – [8], что эта релятивистская теория Эйнштейна даёт ошибочное решение как раз тех задач, которые, по существу, и обусловили её появление.

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. В результате рушится всё здание Специальной теории относительности Эйнштейна.

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 физической лаборатории. Эксперимент это опровергает, регистрируя отклонение местной вертикали (эквивалентность силы инерции силе тяготения), лишь во втором случае. В результате рушится всё здание Общей теории относительности Эйнштейна.

Принцип эквивалентности Эйнштейна есть утверждение о тождественности гравитационного поля полю сил инерции, появляющихся в результате кинематического преобразования систем отсчёта: “В дальнейшем мы будем предполагать полную физическую равноценность гравитационного поля и соответствующего ускорения системы отсчёта. Эвристическая ценность этого предположения состоит в том, что оно позволяет заменить однородное поле тяжести равномерно ускоренной системой отсчёта, которая до известной степени поддаётся теоретическому рассмотрению” [9]. Истоки данного утверждения Эйнштейна восходят к Маху: “Основные законы механики вполне можно понимать таким образом, чтобы из них следовали центробежные силы и при относительных движениях” [10]. Опираясь на свой принцип эквивалентности, Эйнштейн приходит к выводу, что абсолютно гладкий шарик на абсолютно гладком вращающемся столе устремится от оси вращения стола [11]. Но это противоречит эксперименту. Шарик устремится от оси вращения стола лишь в том случае, если он будет помещён в радиальный паз стола и, вследствие этого, будет вовлечён во вращение стола относительно «абсолютного пространства» Ньютона.

Абсолютное пространство Ньютона

Причина заблуждения Маха, и, как следствие, Эйнштейна, заключается в отказе от выделенной в динамическом отношении, по Ньютону абсолютной, системы отсчёта. 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 (приблизённо 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 известен, 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 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 абст-

ракции, например, понятия идеальной жидкости или газа, абсолютно твёрдого тела или материальной точки.

Дальнейшее, после Ньютона, развитие физики позволило, в некоторой степени, прояснить причину существования динамически выделенного абсолютного пространства. Выявилось, что всё то, что существует в природе, материя, есть либо вещество, либо поле. Если субстанциальной характеристикой вещества является плотность массы, то субстанциальной характеристикой поля является плотность энергии (не путать с понятием энергии, как меры движения!). Универсальным и всепроникающим является поле гравитационное. Плотность энергии гравитационного поля обусловлена всей массой вещества Вселенной, при этом вклад на макро уровне в эту плотность отдельного взятого тела пренебрежимо мал. По мере глобализации систем отсчёта, плотность энергии гравитационного поля в них становится всё более и более равномерной, что и определяет, в конечном итоге, фоновое гравитационное поле и выделенную абсолютную систему отсчёта.

Как экспериментальный факт, следует признать, что движущаяся равномерно и прямолинейно относительно абсолютной системы отсчёта материальная частица с фоновым гравитационным полем не взаимодействует. Но с этим полем взаимодействует частица, движущаяся под действием приложенной силы \vec{F} с ускорением \vec{a} относительно абсолютной системы отсчёта. В результате этого взаимодействия возникают объёмные или массовые сила инерции, приложенные к частицам тела. Но проявляются они как поверхностная сила инерции $\vec{J} = -m\vec{a}$, приложенная к связи, так что $\vec{F} + \vec{J} = 0$. Здесь существует полная аналогия с весом тела, который проявляется как поверхностная сила, приложенная к нити или опоре.

Заметим, что обнаруженное в 1963г. космическое микроволновое $2,7^\circ K$ излучение позволяет определить абсолютную систему отсчёта также как таковую, относительно которой данное излучение однородно и изотропно.

Инерциальные и неинерциальные системы отсчёта в современной физике.

Понятие системы отсчёта является фундаментальным в теоретической физике. Общепринятым является следующее определение: под системой отсчёта понимают систему координат, служащую для указания положения частиц в пространстве, вместе со связанной с этой системой часами, служащими для указания времени. Современные физические представления базируются на разбиении всех систем отсчёта на два класса – инерциальных и неинерциальных.

Ньютон распространил открытый Галилеем закон движения тел по инерции на гладкой поверхности Земли на движение небесных тел относительно Гелиоцентрической системы отсчёта. Характерной особенностью Гелиоцентрической системы отсчёта является то, что тела Солнечной системы, взаимодействуя друг с другом и перемещаясь друг относительно друга, одновременно увлекаются в движение этой системы отсчёта как единое целое. Этим самым, Гелиоцентрическая система отсчёта наполняется физическим содержанием, являясь понятием динамическим.

В конце XIX века из кинематических соображений было получено, что материальная частица, движущаяся по инерции относительно Гелиоцентрической системы отсчёта, сохраняет величину и направление своей скорости относительно любой из систем отсчёта, которые движется поступательно, равномерно и прямолинейно относительно Гелиоцентрической. Все такие системы отсчёта стали называть инерциальными. При этом осталось незамеченным, что динамический аспект таких систем отсчёта (движение наблюдаемой частицы вместе с данной системой отсчёта) был опущен. В результате, инерциальными стали называть все неускоренные системы отсчёта, относительно которых выполняется первый закон Ньютона, закон инерции, т. е., относительно которых изолированная (по существу уже геометрическая) точка движется с постоянной по величине и направлению скоростью. Поскольку второй закон Ньютона оказывается ковариантным относительно кинематического преобразования Галилея, то отсюда делается вывод, что второй закон Ньютона справедлив только в инерциальных системах отсчёта. Все такие системы отсчёта становятся равноправными, любая из них

может быть принята за неподвижную, и на этом основании в начале XX века в Специальной теории относительности Эйнштейна была отвергнута выделенная в динамическом отношении, по Ньютону абсолютная, система отсчёта. Это была роковая ошибка, лавинообразно повлекшая за собой цепь принципиальных ошибок.

К неинерциальным относят все системы отсчёта, которые движутся ускоренно относительно любой их инерциальных. По-прежнему сохраняется кинематический аспект и этих систем отсчёта. Рассматривая движение одной и той же материальной точки относительно инерциальной и неинерциальной систем отсчёта, из чисто кинематических соображений получают основной закон динамики точки в неинерциальных системах отсчёта. И этот вывод, как будет показано далее, является ошибочным.

Базируясь на таких представлениях, теоретическая физика XX столетия очень далеко продвинулась в ложном направлении, отождествив между собой целый ряд кинематических понятий с понятиями динамическими [2] – [8]: кинематический и динамический принцип относительности; кинематические и динамические системы отсчёта; кинематическое (фиктивное) и динамическое (реальное) магнитное поле в неускоренных системах отсчёта; кинематические (фиктивные) и динамические (реальные) силы инерции в ускоренных системах отсчёта, кинематические силы инерции и динамическое гравитационное поле и т. д. Как итог, к началу XXI столетия теоретическая физика так и не решила тех принципиальных задач, которые возникли ровно сто лет назад.

Динамические и кинематические системы отсчёта согласно Ньютону.

Если рассматриваемая система материальных частиц движется вместе с системой отсчёта Σ , которая, в свою очередь, движется относительно абсолютной системы отсчёта Σ^0 , то Σ называется динамической системой отсчёта для данного процесса. Если рассматриваемая система материальных частиц не принимает участия в переносном движении совместно с системой отсчёта Σ' , 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 – инерциальных и неинерциальных. Именно в динамике появляется понятие инерциальных систем отсчёта. Характерной особенностью динамических инерциальных систем отсчёта является одинаковость протекания и описания происходящих в каждой из них по отдельности идентичных процессов. Согласно экспериментально установленному принципу относительности Галилея, инерциальные системы отсчёта движутся поступательно, равномерно и прямолинейно относительно сферы удалённых звёзд, следовательно, и друг относительно друга. В каждой из таких систем отсчёта, согласно эксперименту, физические законы не только механики, но и электродинамики, формулируются одинаково. В уравнения движения физических процессов в динамических инерциальных системах отсчёта никогда не входит скорость их движения относительно других систем отсчёта.

Основное уравнение динамики точки в динамических неинерциальных системах отсчёта

Общепринятым является следующий вывод основного уравнения динамики точки во всех неинерциальных системах отсчёта. Записывается основное уравнение динамики точки в инерциальной системе отсчёта Σ , которая принимается за неподвижную

$$m\bar{a} = \sum \bar{F}_k, \quad (1)$$

Движение этой же самой материальной точки рассматривается относительно другой, произвольно движущейся системы отсчёта Σ' . Применяя известные кинематические преобразования систем отсчёта, из (1) получают основное уравнение динамики точки в системе отсчёта Σ'

$$m\bar{a}' = \sum F_k + \bar{F}^{nep} + \bar{F}^{kop} \quad (2)$$

Уравнение (2) является лишь другой формой записи уравнения (1). Появившиеся в уравнении (2) переносная и кориолисова 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 ускоренной системы отсчёта. Постановка задачи в этом случае будет иной. Пусть относительно инерциальной системы отсчёта Σ , принимаемой за неподвижную, движется инерциальная система отсчёта Σ' , которая для рассматриваемой материальной точки является динамической. Движение этой точки в Σ' описывается уравнением (1). Сообщим теперь этой динамической штрихованной системе отсчёта произвольное движение относительно Σ . Материальная точка, двигаясь относительно штрихованной системы отсчёта, участвует в ускоренном движении этой системы отсчёта. В таком случае, в направлении переносного и кориолисова ускорений материальная точка взаимодействует с тем телом, с которым связана система отсчёта Σ' . Тогда в направлении переносного ускорения действует сила \bar{N}^{nep} , а в направлении кориолисова ускорения действует сила \bar{N}^{kop} . Согласно второму закону Ньютона,

$$m\bar{a}_{дин}^{nep} = \bar{N}^{nep} \quad (3)$$

$$m\bar{a}_{дин}^{kop} = \bar{N}^{kop} \quad (4)$$

Складывая левые и правые части равенств (1), (3), (4), т. е. применяя принцип независимости действия сил классической механике Ньютона, получим

$$m\bar{a}' = \sum \bar{F}_k + \bar{N}^{nep} + \bar{N}^{kop} + \bar{F}_{дин}^{nep} + \bar{F}_{дин}^{kop} \quad (5)$$

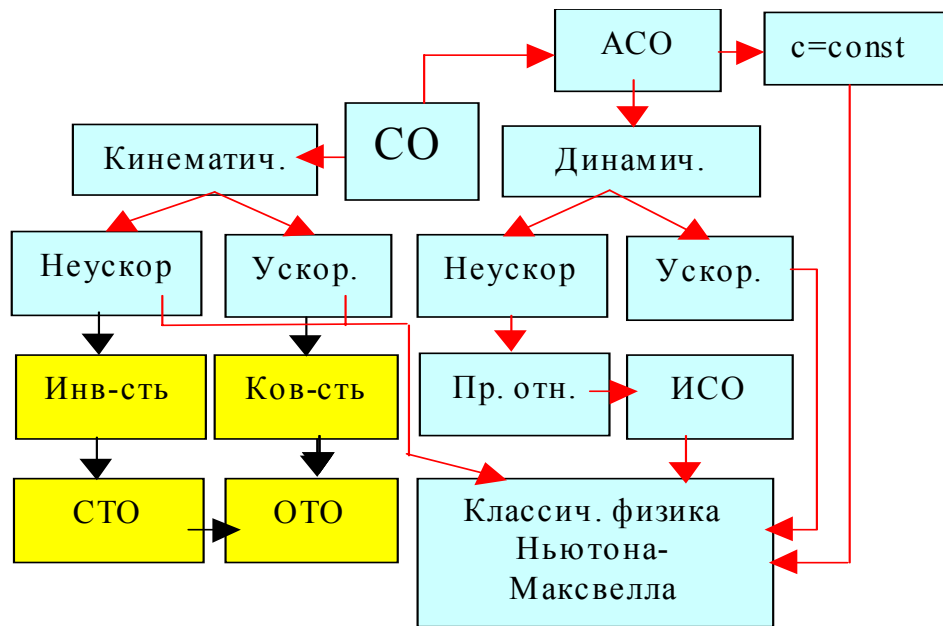
Уравнение (2) движения материальной точки в кинематической неинерциальной системе отсчёта принципиально отличается от уравнения (5) в динамической неинерциальной системе отсчёта. Во-первых, уравнение (2) получено в результате формально-математического преобразования систем отсчёта, в то время как уравнение (5) доказано на основании исходных принципов механики Ньютона. Во-вторых, в (2) переносная и кориолисова силы инерции являются кинематическими или фиктивными, тогда как в (5) переносная и кориолисова силы инерции являются динамическими или реальными, обусловленными соответствующими силами реакций \bar{N}^{nep} и \bar{N}^{kop} .

Вывод

Силы инерции в ускоренных системах отсчёта эквивалентны реальным физическим гравитационным силам только в том случае, если эти системы отсчёта являются динамическими. Например, переносная сила инерции груза маятника с неподвижной точкой подвеса в физической лаборатории в системе отсчёта ускоренно движущегося трамвая является фиктивной. Решая уравнение (2), мы не получим ни дополнительного натяжения нити маятника, ни отклонения местной вертикали. В то время как переносная сила инерции груза маятника с неподвижной точкой подвеса в этом же трамвае, согласно уравнению (5), вызовет оба указанных эффекта, т. е. как дополнительное натяжения нити маятника, так и отклонение местной вертикали. Отсутствие этих эффектов в первом случае и их наличие во втором случае будут одинаково наблюдаться как в системе отсчёта трамвая, так и в системе отсчёта лаборатории.

- 2 Потехин А. Ф. Краткий курс теоретической механики в вопросах и ответах с анализом базовых понятий (укр.) Рекомендовано Министерством образования и наук Украины для студентов вузов. Издание второе. – Львов: Новый свет. – 2004. – 200с.
- 3 Потехин А. Ф. Классическая теория относительности. – Одесса: Маяк. – 2003. – 80с.
- 4 Potjehhin A. F. Relativity in Physics. – Odessa: Majak. – 2003. – 60pg.
- 5 Потехин А. Ф. Теоретическая механика. Методологическое введение в динамику: инерциальные системы отсчёта. – Одесса: Маяк. – 2004. – 24с.
- 6 Потехин А. Ф. О динамических и кинематических системах отсчёта. // Изв. Вузов. Физика. – 2004. (в печати).
- 7 Потехин А. Ф. Объективные и субъективные аспекты принципа относительности в физике // Тез. докл. ХУП международных чтений: Великие преобразователи естествознания: Анри Пуанкаре, Минск 28-29 ноября 2001г. – Минск: БГУ, 2001. –С. 91–94.
- 8 Потехин А. Ф. О замкнутом круге понятий наука–образование–наука на примере физики. // Научный вестник Академии наук высшей школы Украины. – 2004. – №28. – С.112–120
- 9 Эйнштейн А. Собр. Научн. тр., т. 1, с. 106
- 10 Мах Э. Механика. Историко-критический очерк развития. Спб., 1909, с. 193.
- 11 Эйнштейн А. Собр. Научн. тр., т. 4, с. 453.

Приложение



Структурная схема систем отсчёта (СО) в Классической физике
и Теории относительности Эйнштейна

Пояснения к структурной схеме.

1. Абсолютной системой отсчёта (АСО) Σ^0 называется система отсчёта, относительно которой экспериментально обнаруженное в мировом пространстве 2,7 К. излучение является однородным и изотропным. В первом приближении по Ньютону, АСО реализуется Гелиоцентрической системой отсчёта Коперника, привязанной к звёздам нашей Галактики, в следующем приближении – к центрам

Галактик, далее – к центрам групп Галактик и т. д. В динамическом отношении АСО является выделенной и часто называется «неподвижной».

2. Если рассматриваемая система материальных частиц движется вместе с системой отсчёта Σ , которая, в свою очередь, движется относительно АСО Σ^0 , то Σ называется динамической системой отсчёта для данного процесса.

3. Если рассматриваемая система материальных частиц не принимает участия в переносном движении совместно с системой отсчёта Σ' , то последняя называется кинематической для данного процесса.

4. Динамические ускоренные (неускоренные) СО движутся ускоренно (неускоренно) по отношению к выделенной по динамическому признаку АСО (опыт Ньютона с ведром с водой, которое вращается вокруг своей оси симметрии).

5. В кинематике все системы отсчёта равноправны и кинематические ускоренные (неускоренные) СО движутся ускоренно (неускоренно) друг по отношению к другу.

6. В *Классической физике Ньютона-Максвелла* накладывается ограничение на динамические неускоренные системы отсчёта: в них выполняется экспериментально установленный *принцип относительности Галилея*. Такие системы отсчёта называются инерциальными (ИСО).

7. В *Теории относительности Эйнштейна* накладывается ограничение на форму записи уравнений движения: они должны быть *инвариантны* в кинематических неускоренных (СТО) и *ковариантны* в кинематических ускоренных (ОТО) системах отсчёта.