

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.*

УД К: 530.11+530.12

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

*Одесский национальный морской университет*

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

*[a\\_potjehin@osmu.odessa.ua](mailto:a_potjehin@osmu.odessa.ua)*

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

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 конструкции с теми материальными телами, которые задействованы в рассматриваемом процессе, лишён физического смысла. Классификация таких СО ограничивается их подразделением на ускоренные и неускоренные друг по отношению к другу. 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 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 Галилеем: 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

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. Этот принцип ковариантности является прямым следствием того факта, что все кинематические СО равноправны и любая из них может быть принята за неподвижную. Принцип ковариантности Эйнштейна в кинематических СО является аналогом принципа относительности Галилея-Ньютона в динамических ИСО. Значимость развития теории в кинематических СО не вызывает сомнения, особенно в теории физических полей. Однако важность таких СО этим не ограничивается.

Известно, что эффект Доплера в материальных средах (звук) не симметричен, а в физических полях (свет) 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.

Если источник движется относительно материальной среды, а приёмник покоится, то эффект Доплера обусловлен динамическим взаимодействием источника со средой. Вследствие движения источника, меняются такие физические параметры, как частота и длина волны. Регистрация этого эффекта осуществляется в динамической ИСО покоящейся среды.

Эффект Доплера в материальной среде при неподвижном источнике и движущемся приёмнике обусловлен кинематикой процесса. При этом меняются такие кинематические параметры как частота и скорость волны. Регистрация этого эффекта осуществляется в кинематической системе отсчёта движущегося приёмника.

В случае одновременного движения с разными скоростями источника и приёмника, эффект Доплера в материальной среде обусловлен частично динамикой процесса, вследствие движения источника, частично кинематикой процесса, вследствие движения приёмника. Регистрация эффекта осуществляется в кинематической системе отсчёта приёмника.

С учётом названных факторов, получаются известные формулы для эффекта Доплера в каждом из перечисленных выше случаев. Но ни в одном из этих случаев не удаётся выразить эффект Доплера только через относительную скорость движения источника и приёмника.

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 принципиально 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. Учёт этих факторов позволяет обосновать, в пределах кинематики Ньютона и преобразований Галилея, релятивистскую формулу для эффекта Доплера в физических полях, не прибегая к уравнениям Максвелла. При этом, проявляется возможность формально-математической интерпретации таких кинематических эффектов в физических полях (и только!), как сокращение длины и замедление периода колебаний волн.

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

$$m\mathbf{a}^{отн} = \mathbf{F} + \mathbf{N} + \mathbf{J}^{nep} + \mathbf{J}^{Kop}, \quad (1)$$

которое можно переписать в виде

$$m(\mathbf{a}_{дин}^{отн} + \mathbf{a}_{кин}^{отн}) = \mathbf{F} + \mathbf{N} + \mathbf{J}^{nep} + \mathbf{J}^{Kop}, \quad (2)$$

где  $\mathbf{a}_{дин}^{отн}$  динамическая часть относительного ускорения материальной точки, обусловленная приложенными к ней силами и  $\mathbf{a}_{кин}^{отн}$  – кинематическая часть относительного ускорения, обусловленная ускоренным движением самой кинематической системы отсчёта относительно исходной ИСО. Уравнение (2) распадается на два уравнения

$$m\mathbf{a}_{дин}^{отн} = \mathbf{F} + \mathbf{N}, \quad (3)$$

$$m\mathbf{a}_{кин}^{отн} = \mathbf{J}^{nep} + \mathbf{J}^{Kop}, \quad (4)$$

где  $\mathbf{J}^{nep}$ ,  $\mathbf{J}^{Kop}$  – соответственно переносная и Кориолисова псевдо-силы инерции. Первое из этих уравнений (3) описывает динамическую часть относительного движения материальной точки, обусловленную приложенными к ней силами. Второе уравнение (4) описывает кинематическую часть относительного движения материальной точки, обусловленную ускоренным движением самой кинематической системы отсчёта.

Аналогично, основное уравнение динамики точки в неинерциальной СО [1]

$$m\mathbf{a}^{отн} = \mathbf{F} + \mathbf{N} + \mathbf{N}^{nep} + \mathbf{F}_{дин}^{nep} + \mathbf{N}^{Kop} + \mathbf{F}_{дин}^{Kop} \quad (5)$$

преобразованием к кинематической ускоренной системе отсчёта приводится к виду

$$m(\mathbf{a}_{дин}^{отн} + \mathbf{a}_{кин}^{отн}) = \mathbf{F} + \mathbf{N} + \mathbf{N}^{nep} + \mathbf{F}_{дин}^{nep} + \mathbf{N}^{Kop} + \mathbf{F}_{дин}^{Kop} + \mathbf{J}_{кин}^{nep} + \mathbf{J}_{кин}^{Kop}, \quad (6)$$

которое также распадается на две части

$$m\mathbf{a}_{дин}^{отн} = \mathbf{F} + \mathbf{N} + \mathbf{N}^{nep} + \mathbf{F}_{дин}^{nep} + \mathbf{N}^{Kop} + \mathbf{F}_{дин}^{Kop}, \quad (7)$$

$$m\mathbf{a}_{кин}^{отн} = \mathbf{J}_{кин}^{nep} + \mathbf{J}_{кин}^{Kop}, \quad (8)$$

где  $\mathbf{F}_{дин}^{nep}$ ,  $\mathbf{F}_{дин}^{Kop}$  – соответственно динамическая переносная и Кориолисова силы инерции и  $\mathbf{J}_{кин}^{nep}$ ,  $\mathbf{J}_{кин}^{Kop}$  – кинематическая переносная и Кориолисова псевдо-силы инерции. При этом заметим, что  $\mathbf{F}_{дин}^{nep}$ ,  $\mathbf{F}_{дин}^{Kop}$  определяются ускорением динамической неинерциальной СО относительно инерциальной, а  $\mathbf{J}_{кин}^{nep}$ ,  $\mathbf{J}_{кин}^{Kop}$  определяются ускорением 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 (7), частично кинематической – уравнение (8), в совокупности – уравнение (6).

Аналогичный результат получается в электродинамике. Применяв к электродинамическим уравнениям Максвелла с зарядами и токами, справедливым в ИСО, преобразование Галилея, получим электродинамические уравнения в псевдо-инерциальных СО, которые также распадаются на две независимые системы уравнений.

**Заключение:** “Распознавание истинных (динамических) движений отдельных тел и точное их разграничение от кажущихся (кинематических) весьма трудно. Ибо части того неподвижного пространства, в котором совершаются истинные движения тел, не ощущаются нашими органами чувств” [3].

***Библиографический список***

1. 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://potjehin.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.