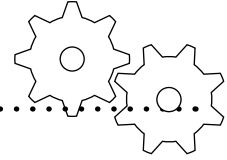


Теория образования и обучения



Константин Витальевич Корсак, заведующий отделом Института высшего образования Национальной академии педагогических наук Украины, доктор философских наук

РАЗДУМЬЯ ПО ПОВОДУ НАЗВАНИЙ ВАЖНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ

Количество терминов, которыми располагают современные науки, во много раз превышает тот словарный запас, которым люди пользуются вне наук, в обыденной жизни. Из широкой темы создания новых терминов мы затронем весьма узкий, но важный вопрос выбора тех семантических конструкций, которые необходимы учёным-инноваторам, чтобы обозначать свои открытия теоретического и практического плана.

Идеальный вариант подобного выбора — воспроизвести избранными словами главные сущностные черты теории, явления или объекта, обеспечив возможность доступного восприятия, осознания и понимания нового термина широким кругом людей. Есть немало примеров того, как учёные предлагали тысячи собственных терминов, но позже жёсткий «дарвиновский» отбор оставлял для потомков из всего этого богатства одно или несколько слов. Так, из всего наследия Э. Геккеля во все языки мира вошёл лишь один термин — экология.

Нечто аналогичное произошло с более известным исследователем-теоретиком — А. Эйнштейном. Учёный мир уважает его как автора двух новых и важных терминов — «специальная теория относительности (СТО)» и «общая теория относительности (ОТО)»

(изредка их объединяют вместе в понятие «теория относительности»). И если специалисты-физики и философы правильно воспринимают эти термины, то для абсолютного большинства научных работников и широкой просвещённой публики остаётся загадкой роль термина «относительность». Мы сделаем попытку объяснить соображения А. Эйнштейна и указать главные недостатки названий СТО и ОТО. Ещё более важная для нас задача — предоставить читателям новую информацию о системах отсчёта.

Изложение начальных и фундаментальных понятий классической механики в средних и высших учебных заведениях страдает формализмом и поверхностностью. Особо негативные последствия для понимания и использования создаёт неудачное определение такого важного понятия, как «инерциаль-

ные системы отсчёта», применяемое почти во всех курсах физики и механики. Оно исключительно формальное и образует печально известное «логическое кольцо»:

1) «Инерциальными являются те системы отсчёта, где выполняется первый закон Ньютона»;

2) «Три закона Ньютона справедливы в инерциальных системах отсчёта, поскольку лишь в них свободное тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения...».

Подобные подходы, к сожалению, присущи всем распространённым учебникам. Эти недостатки особенно заметны в книгах по общей физике советского периода. Не преодолены они надлежащим образом и в новых изданиях учебной литературы, авторы которых считают традиционное изложение вступительной части механики окончательно сформировавшимся и вполне удовлетворительным.

Распространённый в советские и досоветские времена способ определения фундаментальных понятий механики имеет немало дидактических и сущностных недостатков. Именно поэтому мы хотим в этой статье предоставить читателям оригинальный вариант изложения вступительной части курсов механики. Он применим как в специализированных старших школах и лицеях, так и в заведениях высшего образования.

Понятие механического движения

Общеизвестно: механическое движение относительно. Все учебники определяют его как изменение положения тела (или его простейшей абстрактной модели — материальной точки) *относительно* других тел (тел отсчё-

та). Объединение с этим телом отсчёта жёстко связанной с ним системы координат и приборов для измерения интервалов времени даёт возможность ввести понятие положения тела и его изменения со временем в процессе движения.

Совокупность тела отсчёта, связанной с ним системы координат и приборов для измерения интервалов времени определяет систему отсчёта (СО), одно из главных понятий механики.

Творцы этого раздела физики ещё во время установления основных его понятий и соотношений провели сравнение возможных систем отсчёта. Г. Галилей доказал эквивалентность системы отсчёта, связанной с поверхностью Земли (или с телом, которое недвижимо относительно поверхности Земли), и системы отсчёта, которая связана с любым телом, пребывающим в равномерном и прямолинейном движении по воде или суше: все механические процессы и явления происходят в комнате на берегу точно-в-точку так же, как в каюте парусника, который без какого-либо ускорения плавно и равномерно движется относительно берега под влиянием лёгкого ветерка

Это важное открытие Г. Галилея нам известно как «принцип относительности Г. Галилея». Оно обычно формулируется так: никакие механические эксперименты и опыты не могут обнаружить равномерного и прямолинейного движения данной системы отсчёта, если они проведены внутри этой системы отсчёта.

И. Ньютон, исследуя взаимосвязь сил и кинематических характеристик движения тел под их действием, установил, что «галилеевы» системы отсчёта (те, которые движутся без

ускорений, прямолинейно и равномерно) имеют ощутимые преимущества перед любыми другими СО не только своей полной тождественностью в применении для изучения механических явлений, но и тем, что в этих СО *единственной причиной изменений движения тел* (изменений их импульса) *является физическое взаимодействие между телами*, которое характеризуется силами. Подвешенное на нити тело будет сохранять в «галилеевом паруснике» состояние покоя до того времени, пока какая-то горизонтальная сила (толчок руки, сквозняк из открытого иллюминатора) не предоставит ему горизонтальное ускорение и не выведет из устойчивого начального положения равновесия.

Совсем иначе ведёт себя тело на вертикальном подвесе в каюте корабля во время морской бури. Оно движется ускоренно, изменяя своё положение относительно помещения без давления ветра (сквозняков) или других горизонтальных сил со стороны окружающих тел. Причина такого поведения — ускоренное движение самой системы отсчёта (каюты корабля). Итак, в системе отсчёта, которая ускоряется, неравномерное движение свободного тела наблюдается без взаимодействия с окружающими телами.

Из указанного следует, что в общем случае изменения движения вызываются не только силами, но и ускоренным движением самой системы отсчёта.

Инерциальные и неинерциальные системы отсчёта (ИСО и НеИСО)

Придерживаясь взглядов И. Ньютона, авторы практически всех учебных книг по механике для средней и высшей школы инерциальной системой отсчёта (ИСО) счита-

ют такую, в которой единственной причиной возникновения ускорения материальной точки или тела является силовое воздействие окружающих тел.

Итак, свободная материальная точка движется относительно ИСО равномерно и прямолинейно или сохраняет состояние покоя, именно поэтому в таких системах отсчёта выполняется первый закон динамики Ньютона (закон инерции). Полный класс всех ИСО можно получить на основе хотя бы одной имеющейся инерциальной системы отсчёта сдвигами её начала отсчёта, поворотами осей координат или равномерным поступательным движением системы координат (с помощью группы преобразований Галилея).

Все ИСО равноправны (эквивалентны), в них строго выполняются не только законы динамики И. Ньютона, но и, что намного важнее, законы сохранения импульса, момента импульса и механической энергии. В инерциальных системах отсчёта могут (по крайней мере, теоретически) существовать замкнутые системы тел, центр масс которых движется без ускорения.

Неинерциальную систему отсчёта (НеИСО) определяют как такую, которая связана с телом, осуществляющим ускоренное движение (неравномерное поступательное, равномерное или неравномерное вращательное и т.п.).

Важнейшая механическая особенность НеИСО состоит в том, что свободное тело будет иметь ускорение, которое не вызвано его взаимодействием с окружающими телами. Итак, в НеИСО не выполняются законы динамики и законы сохранения.

И. Ньютон понимал, что связанная с поверхностью Земли система отсчёта не-

нерциальна, так как осуществляет сразу несколько ускоренных движений. Для части из них он вычислил ускорение: суточное обращение Земли вокруг собственной оси вызывает ускорение точек её поверхности на географической широте Киева приблизительно $2,6 \text{ см/с}^2$, а ускорение всех точек Земли вследствие её движения вокруг Солнца в среднем почти в пять раз меньше. Об особенностях движения центра масс Солнца И. Ньютон не имел никаких точных данных, но совершенно справедливо предполагал, что и он может двигаться ускоренно.

Размышляя о движении тел в космосе, И. Ньютон ввёл не связанную с некоторым конкретным телом *абсолютную инерциальную систему отсчёта* (АБИСО), определяя её как совокупность абсолютного пространства и абсолютного времени.

Абсолютным пространством он считал то, что останется во Вселенной после удаления из неё всех тел: «Абсолютное пространство по своей сущности безотносительно к чему-то внешнему, остаётся всегда одинаковым и недвижимым».

Подобным образом он рассматривал и абсолютное время как совсем неизменную и постоянную в своём течении продолжительность. Движение любых тел относительно АБИСО Ньютон называл абсолютным. К таким движениям он относил движение центра масс Солнца и других звёзд.

Связанные с реальными телами системы отсчёта И. Ньютон считал неабсолютными, а движение тел относительно них называл относительным. Итак, по взглядам И. Ньютона, движение Земли вокруг Солнца по очень близкой к эллипсу орбите принадлежит к относительным движениям, а вот её результи-

рующее перемещение относительно пустого абсолютного пространства нужно считать абсолютным.

Противоречивость понятия АБИСО. Движение и теория относительности

Математическая точность и последовательность ньютоновского построения классической механики достигнуты путём введения понятия абсолютной инерциальной системы отсчёта, весьма странного абстрактного и нематериального объекта с необыкновенными и противоречивыми свойствами. Её составные части — абсолютное пространство и время — на самом деле оказываются «дважды абсолютными». Это следует из того, что Ньютон считает абсолютное пространство одновременно и неподвижным, и совершенно неизменным во времени (вечным и стабильным). Вдобавок абсолютное пространство никак не взаимодействует с остальными объектами во Вселенной.

Но в природе не существуют и не могут существовать объекты без свойства взаимодействия; а движение и изменения — самые характерные признаки всего сущего. Одно из многих подтверждений этого факта состоит в том, что доступный для наблюдения участок Вселенной неустанно изменяется. Правда, для значительных и хорошо заметных изменений необходимы интервалы времени в миллиарды лет.

Итак, введённое Ньютоном понятие АБИСО принадлежит к нематериальной сфере и не может существовать в действительности как реальный материальный объект.

В истории физики известны многочисленные попытки измерить абсолютную ско-

рость Земли относительно абсолютного пространства (раньше чаще всего употребляли термин «эфир»). Хотя все они закончились полной неудачей, но всё же дали А. Эйнштейну возможность обстоятельно пересмотреть основные положения механики Ньютона в аспектах представлений о пространстве, времени и механическом движении затем, чтобы обогатить физику **теорией относительности**.

Термин, на наш взгляд, весьма неудачный. Но, похоже, акцентирование отрицания абсолютности пространства, времени и движения было настолько важным для молодого автора новой *теории быстрых механических движений*, что название для неё он выбрал так, чтобы подчёркивать существование в природе лишь относительных движений, лишь относительных пространственных и временных характеристик материи, ликвидируя содержанием и выводами новой теории предыдущие представления И. Ньютона и его последователей о полной независимости интервалов длин и времени от выбора системы отсчёта.

Именно так появилось словосочетание «специальная теория относительности» — попытка уже в названии отвергнуть гипотезу о существовании абсолютной системы отсчёта и абсолютного механического движения.

Остаётся лишь мечтать, что когда-то одновременно из всех учебников по физике изымут термин «**специальная теория относительности**» и заменят его другим — «**теория сверхскоростных движений**», который будет отвечать содержанию сделанного А. Эйнштейном открытия и намного легче восприниматься учениками и студентами.

Современные представления об ИСО и механическое движение

Понятие инерциальной системы отсчёта очень важно в механике. Большинство учебников определяют её как такую систему отсчёта, в которой строго выполняется закон инерции Ньютона, как и все другие законы динамики. Авторы почему-то полностью забывают подчеркнуть то обстоятельство, что ИСО — обычная абстракция такого же рода, как и понятие материальной точки.

Подобное «определение» ИСО формально, оно не помогает формированию у студентов глубокого и чёткого представления об ИСО. Дополнительно запутывает их распространённое утверждение о том, что «инерциальных систем отсчёта существует бесконечное количество: если есть одна ИСО, то любая другая, движущаяся относительно первой равномерно и прямолинейно, также инерциальная система отсчёта».

На самом деле инерциальных систем не существует ни одной!

Понятие ИСО — полная абстракция. Настоящие (реальные) системы отсчёта могут приближаться по своим свойствам к инерциальной системе отсчёта, но не могут отождествляться с ней. Правильное представление об ИСО может быть легко сформировано на основе простого сопоставления ускорений тех тел, с которыми связаны наиболее употребляемые на практике системы отсчёта:

а) ускорение большинства средств транспорта в нормальных условиях движения не превышают $1-2 \text{ м/с}^2$. Неинерциальность этих систем отсчёта очень ощутима, так как для сохранения состояния покоя внутри подобного средства транспорта необходимо

напрягать мышцы, схватившись за ту или другую его деталь;

б) ускорение физических лабораторий на поверхности Земли лежит в пределах $1-3 \text{ см/с}^2$. Их неинерциальность как систем отсчёта обнаруживает себя не всегда. Необходимо провести соответствующие опыты, используя чувствительные приборы. Приборы (маятник Фуко и др.) должны реагировать на указанные ускорения;

в) ускорение центра масс Земли близко к $0,6 \text{ см/с}^2$;

г) ускорение центра масс Солнца в процессе его движения вокруг ядра Галактики составляет приблизительно $3 \cdot 10^{-8} \text{ см/с}^2$;

д) вполне возможно, что грандиозное по массе ядро Галактики настолько отдалено от других галактик или квазаров, что движется во Вселенной с ещё меньшим ускорением, чем центр масс нашего Солнца.

Из только что приведённых примеров легко сделать вывод: *чем больше масса тела отсчёта, тем меньше его ускорение*, тем меньшая разность между связанной с этим телом реальной системой отсчёта и таким идеально-незыблемым понятием, как инерциальная система отсчёта.

Итак, по-настоящему инерциальная система отсчёта должна быть связана с телом бесконечно большой массы, что и приводит нас к заключительному выводу — *ИСО есть предельное понятие, абстракция*.

Среди всех доступных для использования в современной физике систем отсчёта ближайшей к «настоящей» ИСО является гелиоцентрическая система, начало которой расположено в центре масс Солнца, а три оси координат направлены на очень отдалённые и практически недвижимые яркие звёзды.

Непосредственное измерение ускорения движения этой системы отсчёта пока что невозможно (выше приводилась его теоретическая оценка), поэтому большинство авторов учебников механики считает её инерциальной, а движение относительно неё — абсолютным.

Итак, в наше время абсолютным считается движение относительно ИСО, или относительно системы отсчёта, которая приближённо считается инерциальной. Очевидно, что движение относительно подвижной системы отсчёта, относительно НеИСО, называется относительным. Поэтому термин «динамика относительного движения» должен означать динамику материальной точки и тел в неинерциальных системах отсчёта.

Можно лишь сожалеть, что она или вообще не изучается в курсах общей физики, или излагается настолько поверхностно и классически традиционно (аксиоматически-математически, как в курсах теоретической механики), что знания студентов не влияют на их мировоззрение и не могут служить надёжным инструментом для анализа и объяснения реальных случаев относительного движения. Ещё хуже то, что студенты имеют вполне ошибочные представления о силах инерции, влияние которых приходится учитывать при наименьшей попытке проанализировать движения тел в неинерциальных системах отсчёта.

Но эти вопросы мы надеемся рассмотреть в следующих статьях.

Реликтовые фотоны и возможность «абсолютной ИСО»

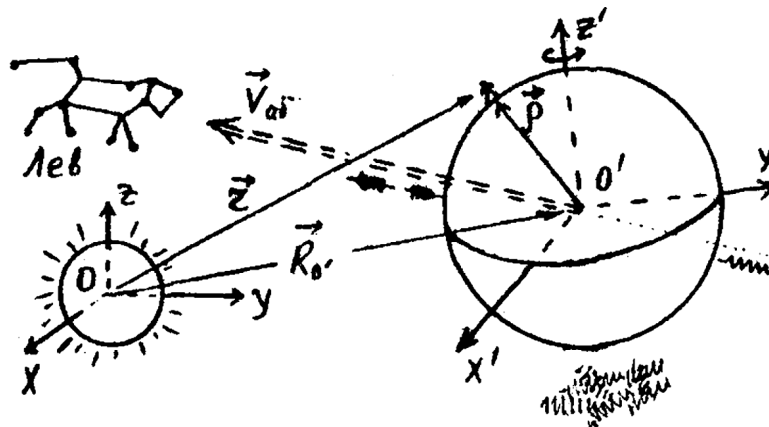
В последнее время термин «абсолютное движение» приобрёл новое и довольно неожиданное значение.

В 1965 году с помощью первых радиотелескопов миллиметрового диапазона было обнаружено, что на поверхность Земли со всех направлений попадает космическое излучение. Его назвали «реликтовым», ибо, как считают наиболее обоснованные современные теории эволюции Вселенной, оно возникло в очень давние времена её существования.

Реликтовое излучение в виде «газа» фотонов заполняет весь огромный объём Вселенной так, что на каждый его кубический сантиметр приходится приблизительно 500 фотонов. Распределение их частот отвечает излучению довольно холодного чёрного тела с температурой всего около трёх градусов выше абсолютного нуля температур.

Этот невероятно большой океан фотонов образовался в момент рождения Вселенной и в дальнейшем охлаждался по мере того, как Вселенная расширялась и увеличивались её пространственные масштабы. Звёзды и планеты мчатся внутри этого газа реликтовых фотонов, не ощущая заметного тормозящего действия со стороны фотонов, которые движутся во всех направлениях.

Высокая пространственная изотропия реликтового излучения стимулировала опыты, целью которых стало определение вектора скорости Земли в газе реликтовых фотонов на основе использования эффекта Доплера (см. рис.).



На рисунке с центром масс Солнца O связана «нештрихованная» система координат XYZ , а с центром масс Земли — штрихованная. Изображённый нами неподвижный относительно поверхности Земли наблюдатель на самом деле осуществляет одновременно много разнообразных движений. Все вместе они формируют какой-то результирующий вектор скорости перемещения в «газе»

реликтовых фотонов (он схематично изображён в нижнем правом углу рисунка наложением дугов отдельных фотонов). Это перемещение становится причиной асимметрии свойств фотонов, которые воспринимает наблюдатель.

Как указано на рис., из того участка небесной сферы, в направлении которого движется Земля, приходят фотоны немножко

большей частоты (более высокой температуры), чем из диаметрально противоположной точки.

Первые опыты оказались неудачными вследствие недостаточной чувствительности тогдашней аппаратуры. Лишь в начале 1980-х годов измерения позволили не только установить, что вектор скорости Земли направлен в созвездие Льва, но и убедиться, что на протяжении года модуль этой скорости немного изменяется вследствие влияния движения Земли вокруг Солнца.

Движение Земли в газе реликтовых фотонов имеет определённые основания называться «абсолютным», а его скорость $V_{абс}$ близка к 400 км/с. Пренебрегая менее важными составными, её можно записать так:

$$\vec{V}_{абс} = \vec{V}_{Гал} + \vec{V}_{Солн} + \vec{V}_{орб}$$

Здесь $V_{Гал}$ — абсолютная скорость нашей Галактики, которая равняется 600 км/с и направлена в созвездие Девы; $V_{Солн}$ — скорость Солнечной системы в её движении вокруг ядра Галактики, которая приблизительно втрое меньше скорости Галактики и направлена почти в противоположном направлении; $V_{орб}$ — скорость движения Земли вокруг Солнца (около 30 км/с). Измерение абсолютной скорости Земли — одно из значительных достижений современной физики.

Для темы нашей статьи интересны некоторые последствия из этих радиоастрономических измерений.

Определение абсолютной скорости Земли не нарушает принцип относительности, так как опыты проводились не в герметич-

но закрытом помещении со стенами из металла или других изолирующих веществ и материалов, а в открытом пространстве Вселенной. Во время этого эксперимента использовался такой внешний объект, как реликтовое излучение.

Поэтому, на наш взгляд, нет никакой необходимости возрождать ньютоновскую «абсолютную инерциальную систему отсчёта — АБИСО», поскольку газ из фотонов не может служить телом отсчёта. Действительно, с ним невозможно жёстко связать определённую систему координат, в нём нет чем-то выделенных точек или направлений. Поэтому нет серьёзных оснований и для возвращения к понятиям абсолютного пространства и абсолютного времени в механике Ньютона, как абсолютно неизменных нематериальных объектов.

Но всё же вполне вероятно, что у кого-то когда-то возникнет соблазн создать «абсолютно неподвижную систему отсчёта», связанную с телом (очевидно, ракетой), которое путём затрат немалого количества горючего затормозилось бы до состояния покоя относительно данного участка «фотонного моря». В дальнейшем непрерывной или импульсной работой корректирующих двигателей можно поддерживать эту неподвижность, компенсируя гравитационное влияние окружающих тел (звёзд, планет, туч пыли или других объектов).

На наш взгляд, нет какой-либо реальной пользы от преодоления больших трудностей и создания такой локальной абсолютной системы отсчёта, так как пространство Вселенной расширяется и «недвижимое» тело движется относительно всех точек, которые не совпадают с точкой расположения приотстоявшегося тела.

Конечно, эта скорость, обусловленная расширением Вселенной, становится заметной лишь для очень больших пространственных интервалов, но для нас важен следующий факт: свойства природы таковы, что локальный «абсолютный покой» является одновременно «абсолютным движением» относительно остальной Вселенной!

Два примера из авторского опыта «внедрения» новых терминов

1. Накануне нового тысячелетия на Западе от системы образования стали требовать предоставления детям и молодежи не только грамотности, но и профессии! Средство решения этой задачи обозначили термином Initial Education (англ.) и Education initiale (фр.). Легко догадаться — это совокупность всех средств и видов обучения и подготовки от рождения человека до его выхода на рынок труда. В начале 1990-х я предложил применить эти термины в Украине, обозначив словосочетанием «первичная подготовка» или «первичное обучение». Это не вызвало массового интереса, оно до сих пор не вошло ни в один украинский педагогический словарь... Разумеется, это не мешает мне пользоваться им так часто, как этого требует логика изложения различных вопросов.

2. Столетиями учёные пользовались термином «молекулярная физика», добавив к нему более новый — атомная физика. Так случилось, что в США заменой первому стало слово «нанопизика», завоевав СМИ в варианте «нанотехнологии» (по содержанию — это молекулярно-атомные технологии). В своих многочисленных статьях я предложил более точный эквивалент — «нано-, пико- и фемтехнологии» и не почувствовал интереса к нему. После появления в этой группе первых экобезопасных технологий предложил для их обозначения несколько вариантов новых терминов, в частности, «истинные нанотехнологии». Итог — нулевое распространение. Весной 2010 года меня осенило — лучше всего называть экобезопасные нано-, пико- и фемтехнологии одним словом — ноотехнологии, так как это в самом деле по-настоящему «мудрые» способности получения нужного для жизнедеятельности человека.

Если в момент изобретения в Интернете не было «ноотехнологий» в смысле «умнопроизводства», то в данный момент это приятное слово уже встречается (не очень часто, но встречается).

Может, мне улыбнётся госпожа Удача?