

ФИЗИКА И ОБРАЗОВАНИЕ: НЕТРАДИЦИОННЫЙ ПОДХОД

К.К.Гомоюнов

Отмечено, что в развитых странах наблюдаются такие отрицательные явления, как функциональная неграмотность, профессиональная некомпетентность и преклонение перед лженаукой. Одна из главных причин этого – несформированность в массовом сознании способности и стремления к научному пониманию, в значительной мере обусловленная наличием ошибок в учебных текстах. Приведены и проанализированы многочисленные примеры долгоживущих ошибок из отечественных и переводных учебных и научно-популярных книг по физике. Выявлены их причины. Указано, что необходимым условием изменения ситуации является организация научной работы по совершенствованию учебных текстов. Названы требуемые для этого методологические знания.

Заключается ли наш труд в создании науки путем связывания воедино уже известных фактов или в поиске объяснения непонятных явлений путем постановки опытов – принцип сохранения энергии остается нашим надежным руководителем. Он дает нам схему, при помощи которой мы можем представить факты любой физической науки как примеры превращения энергии из одной формы в другую

Д.К.Максвелл. Статьи и речи. – М., 1968. – С. 177

Ознакомившись с рядом различных наук, исследователь замечает, что математические процессы и ход рассуждения в разных науках так похожи один на другой, что знание им одной науки может стать чрезвычайно полезным при изучении другой. Вдумавшись в причины этого, он обнаруживает, что в двух различных науках он имеет дело с системами величин, в которых математическая форма связи одинакова, несмотря на то, что физическая природа их может быть совершенно различна <...> Признание формальной аналогии между двумя системами идей приводит к более глубокому познанию обеих, чем познание, которое можно получить, изучая каждую систему в отдельности

Д.К.Максвелл. Там же. – С. 7 – 8

Содержание

Введение

Немного о себе

1. Учебник А.В.Перышкина
2. Другие примеры неверного изложения
 - 2.1. Две тележки, две лодки, два человека
 - 2.2. Прыжок человека
 - 2.3. Выстрел из ружья или из пушки
 - 2.4. Движение пешехода или лошади
 - 2.5. Движение паровоза и автомобиля
 - 2.6. «Начала механики» Льва Кирпичева
3. Самодвижение
 - 3.1. Причина и условие
 - 3.2. Первые обобщения
 - 3.3. Еще раз о движении паровоза
 - 3.4. Самодвижущийся объект – абсолютно твердое тело?
 - 3.5. Внутренние и внешние силы
4. Силы инерции
 - 4.1. Почему планеты обращаются вокруг Солнца?
 - 4.2. Причина невесомости
5. Виды сопротивлений движению
6. Причины появления и живучести заблуждений
7. Система понятий механики
8. Явление самоиндукции
9. Противоречия и пробелы
10. Научная работа и преподавание
 - Заключение
 - Список литературы

Введение

В культуре высокоразвитых стран наблюдается ряд массовых отрицательных явлений. К их числу относятся функциональная неграмотность [1, 2], нехватка высокопрофессиональных специалистов (по-видимому, первым на нее обратил внимание Ч.П.Сноу [3, с. 61]) и патологический интерес к лженауке – астрологии, парапсихологии, уфологии, мистике и т. п. (чтобы заметить это, достаточно читать газеты). Кроме того,

некоторые успешно работающие специалисты изобретают инерцоиды, игнорируя закон сохранения импульса, или тепловые машины, действующие вопреки второму началу термодинамики (см., например, [4 – 6]). Кредитораспорядители позволяют обманывать себя как добросовестно заблуждающимся лицам, так и откровенным жуликам [7].

Очевидно, не последнюю роль в живучести названных явлений играют недостатки образования. Несмотря на многочисленные публикации о кризисе образования (см., например, [8, 9, 66]), один из определяющих недостатков остался в тени. Рассмотрим его.

Важнейшими качествами личности, необходимыми для преодоления названных уродливых явлений, служат **способность и стремление к научному пониманию**. Они могут сформироваться в сознании человека только в процессе многократного, систематического достижения понимания при обучении в школах всех ступеней. Достижение понимания определяется преимущественно двумя факторами – педагогическим мастерством преподавателей и высоким качеством содержания учебных текстов. Первой проблемой занимаются дидакты. Вторая же – беспризорна. Между тем учебники не свободны от сущностных ошибок, противоречий и пробелов. Ясно, что педагогическое мастерство неспособно их компенсировать.

Прежде всего, очевидно, следует проанализировать в этом плане учебники физики, так как физика является наиболее подходящим предметом для воспитания творческого мышления [10, с 247] и одновременно фундаментом почти всех технических знаний. Если судить по публикациям, создается впечатление, будто их содержание безупречно. Например: «Физика может показаться какой угодно, даже скучной для некоторых, но никто не смеет упрекнуть ее в неточности, когда дело касается определения основных понятий физики» [11, с. 9]. Во вступительной лекции курса физики П.Л.Капица сказал: «Книг по общей физике очень много, почти все они одинаково хороши, ошибок в них почти нет» [10, с. 226]. Аналогичных утверждений много.

К сожалению, это далеко не так, причем ошибки встречаются даже в самом начале школьного курса физики при объяснении механического движения и продолжают в учебниках для вузов. Назначение данной статьи – убедить читателей в истинности только что сказанного. Поверить в это трудно. Поэтому я вынужден привести многочисленные примеры из отечественных и переводных учебных и научно-популярных книг, не сокращая выдержки и повторяя иногда важнейшие положения.

Немного о себе

Родился в 1923 г. в г. Владивостоке. С 1934 г. – в Ленинграде. В июне 1941 г. окончил открывшуюся год назад Военно-морскую спецшколу и поступил в Высшее

военно-морское инженерное училище им. Ф.Э.Дзержинского. Эвакуировался с училищем из Ленинграда, а в октябре 1941 г. был направлен в Действующую армию. 14 декабря 1941 г. был ранен. В июне 1942 г. выписан негодным к строевой службе и направлен на Уралмашзавод (г. Свердловск). Два года работал дежурным электриком в инструментальном цехе и год – хромировщиком на участке размерного хромирования.

В конце 1945 г. поступил в Ленинградский политехнический институт (ЛПИ) и в 1951 г. окончил его по специальности «Техническая физика», получив квалификацию «Инженер-исследователь». Проработав 2 месяца в ОКБ завода «Светлана» (г. Ленинград), был зачислен в кадры Вооруженных сил и после года обучения в Артиллерийской академии (г. Москва) работал в контрольно-измерительной лаборатории на технической базе зенитных ракет под Москвой.

Уволился из армии в 1956 г. и с тех пор работаю в ЛПИ (теперь – Санкт-Петербургский государственный политехнический университет). С 1957 г. по 2001 г. на кафедре информационных и управляющих систем (ИУС) разрабатывал и вел курс электронных элементов средств вычислительной техники (лекции, лаборатория, упражнения; последнее учебное пособие – «Транзисторные цепи», 2002 г.). До 1974 г. участвовал в НИОКР по этой же проблематике. Ушел с кафедры ИУС потому, что ее руководство решило, что предметные знания выпускникам не нужны и даже лабораторию электронных элементов предложило выполнять на компьютере. С 2002 г. работаю на кафедре философии – читаю магистрантам курсы методологического содержания.

С 1973 г. являюсь научным руководителем методического отдела университета.

Начав преподавать электронику, вскоре увидел, что есть ряд непонятных вопросов, на которые невозможно найти ответы в литературе (например: в каком отношении находятся законы Ома и «правила» (так их называют в учебниках физики) Кирхгофа?). Убедился, что понять помогают электромеханические аналогии. Рассматривая их, вскоре увидел ошибки и противоречия не только в электричестве, но и в других разделах физики и в механике. Они, очевидно, препятствуют пониманию материала учащимися. Пришел к убеждению, что необходимо научно обоснованное совершенствование учебных и научно-популярных текстов, и с 1975 г. публикую работы по этой проблеме. Данная статья – одна из них.

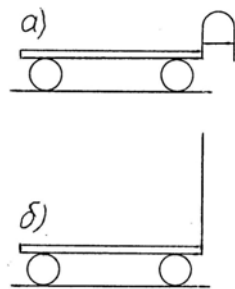
1. Учебник А.В.Перышкина

В 2000 году с грифом Министерства образования был переиздан учебник А.В.Перышкина для 7 класса [12]. Обратим внимание на § 18 (с. 42 – 43):

«§ 18. Взаимодействие тел

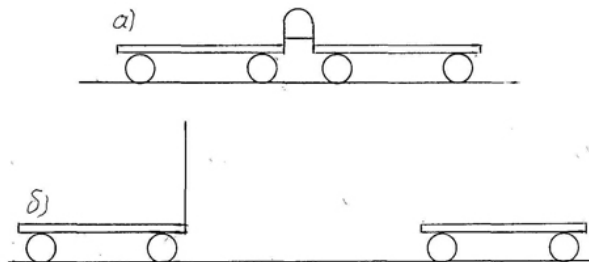
Вам уже известно, что при неравномерном движении скорость тела меняется с течением времени. (Уже в первом предложении мысль выражена неточно. Следовало бы написать: «Вам уже известно, что движение с непостоянной скоростью называют неравномерным». – К.Г.). Изменение скорости тела происходит **под действием другого тела** (здесь и в следующих выдержках полужирный шрифт мой. – К.Г.).

Прделаем опыт. К тележке прикрепим упругую пластинку. Затем изогнем ее и свяжем нитью. Тележка относительно стола находится в покое (рис. 42,а). Станет ли тележка двигаться, если упругая пластинка выпрямится?



Для этого пережжем нить. Пластинка выпрямится. Тележка же останется на прежнем месте (рис. 42,б).

Затем вплотную к согнутой пластинке поставим еще одну такую же тележку (рис. 43,а). Вновь пережжем нить. После этого обе тележки приходят в движение относительно стола. Они разъезжаются в разные стороны (рис. 43,б).



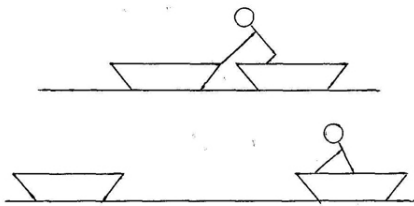
Чтобы изменить скорость тележки, понадобилось **второе тело**. Опыт показал, что скорость тела меняется только в результате действия на него **другого тела (второй тележки)**. В нашем опыте мы наблюдали, что в движение пришла и вторая тележка. **Обе** стали двигаться относительно стола.

Тележки действуют **друг на друга**, т. е. они **взаимодействуют**. Значит, действие одного тела на другое не может быть односторонним, **оба тела** действуют **друг на друга**, т. е. взаимодействуют.

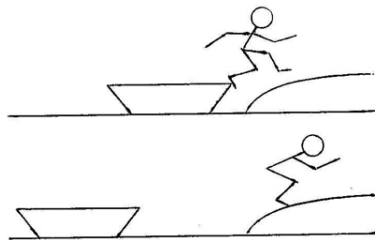
Мы рассмотрели самый простой случай взаимодействия **двух тел**. **Оба тела (тележки)** до взаимодействия находились в покое относительно стола и относительно друг друга.

Например, пуля также находилась в покое относительно ружья перед выстрелом. **При взаимодействии** (во время выстрела) пуля и ружье движутся в разные стороны. Происходит явление отдачи.

Если человек, сидящий в лодке, отталкивает от себя другую лодку, то происходит **взаимодействие**. **Обе лодки** приходят в движение (рис. 44).



Если же человек прыгает из лодки на берег, то лодка отходит в сторону, противоположную прыжку (рис. 45).



Человек подействовал на лодку. В свою очередь, **и лодка** действует на человека. Он приобретает скорость, которая направлена к берегу.

Итак, в результате взаимодействия **оба тела** могут изменить свою скорость».

Представим себе, как школьник, только что начавший изучать физику (т.е. руководствующийся лишь прочитанным в § 18) ответит на следующие вопросы:

1. Является ли согнутая упругая пластинка тем «другим телом», под действием которого может измениться скорость тележки?
2. Воздействие какого тела явилось причиной того, что левая тележка пришла в движение?
3. Какое тело вызвало движение правой тележки?
4. Что привело в движение пулю и ружье?

5. Какое тело явилось причиной того, что в движение пришла не только отталкиваемая лодка, но и лодка с человеком?

6. Под действием какого тела человек, выпрыгивающий из лодки, приобрел скорость, направленную к берегу?

Если школьник уже научился понимать прочитанное, он должен ответить так:

1. Согнутая упругая пластинка не является тем телом, которое может изменить скорость тележки: она распрямилась, а тележка осталась на месте.

2. Левая тележка пришла в движение под действием правой тележки – на это есть прямое указание: «Опыт показал, что скорость тележки меняется только в результате действия на нее другого тела (второй тележки)».

3. Поскольку тележки находятся в одинаковых условиях, причиной движения правой тележки послужила левая.

4. По аналогии с тележками можно сказать, что пуля пришла в движение под действием ружья, а ружье испытало отдачу под действием пули.

5. Движение лодки с человеком вызвала пустая лодка.

6. Человек приобретает скорость, направленную к берегу, под действием лодки.

Никаких мыслей об участии во взаимодействии третьего тела у читателя возникнуть не может: почти в каждом предложении мы видим словосочетания “обе тележки”, “два тела”, “оба тела”, “пуля и ружье”, “обе лодки”.

Однако вдумаясь. В науке давно утвердилось убеждение, что в мире нет ничего, кроме движущейся материи – объективной реальности, существующей вне нашего сознания и данной нам в ощущениях. Атрибутом (неотъемлемым свойством) материи является движение (в широком смысле слова – всякое изменение). Не существует ни материи без движения, ни движения без материи. Покой есть частный случай движения. Движение, как и материя, несотворимо и неуничтожимо. Если движение какого-то тела изменяется, то говорят, что этот факт является **следствием** воздействия другого тела, которое (воздействие или само тело) называют **причиной**. Применительно к началу изучения механики эту мысль очень точно выразил С.Э.Хайкин: «Приступая к изучению законов движения, мы должны прежде всего выяснить, **как** (! – К.Г.) возникает движение» [13, с. 68], т. е. выявить его **причину**. Термин *причина* С.Э.Хайкин использует несколько раз на следующей странице, рассматривая конкретные движения тел (к сожалению, сам

автор в дальнейшем не всегда придерживается этого принципа). Согласно данному взгляду, для понимания существа движения необходимо конкретно рассматривать **механизм взаимодействия** всех тел, участвующих в движении. Среди механиков, однако, распространена противоположная точка зрения: «Механика давно преодолела предметный уровень рассмотрения. Для нее главное действующее лицо – сила, а не другое тело».

Для количественного оценивания механического движения используют разные физические величины: координаты, скорость, ускорение, импульс (количество движения) и др. Среди них есть особая величина – **энергия**. Она одинаково пригодна для оценивания всех форм движения и преобразования его из одной формы в другую. Несотворимость и неуничтожимость движения отражена в законе сохранения энергии.

Во всех опытах, описанных Перышкиным, в движение пришли **два тела**, которые ранее покоились. Исходя из несотворимости движения, необходимо признать, что должно существовать **третье** тело, которое передало им свое движение. Ясно, что в опыте с тележками третьим телом является деформированная пластинка, в опыте с ружьем – пороховые газы, а в обоих опытах с лодками – мышцы человека: активно движущегося человека или животное нельзя рассматривать как абсолютно твердое (недеформируемое) тело. Переведа данное утверждение на язык физических величин, мы обязаны сказать, что поскольку выросла кинетическая энергия обоих тел (у покоившихся она равнялась нулю), должно быть третье тело, чья энергия уменьшилась.

Почему же А.В. Перышкин ни слова не пишет об источниках движения? В ответ на этот вопрос я слышал следующее разъяснение: «Учащиеся, только что начавшие изучать физику, незнакомы с понятием энергии». Но этот аргумент несостоятелен по двум причинам. Во-первых, существует педагогическая аксиома: «Учить надо так, чтобы в дальнейшем приходилось доучивать, а не переучивать». Следовательно, недопустимо рассказывать о взаимодействии тел, не привлекая понятие энергии. Во-вторых, – и это главное – такие же «объяснения» движения мы находим в книгах, адресованных учащимся, знакомым с понятием энергии (в том числе студентам высших учебных заведений). Посмотрим, как это выглядит.

2. Другие примеры неверного изложения

2.1. Две тележки, две лодки, два человека

В одном из учебников для 9 класса читаем: “Следующий опыт поясняет смысл третьего закона Ньютона. Возьмем две одинаковые тележки, к одной из которых прикреплен упругая стальная пластинка. Согнем пластинку и свяжем ее ниткой, а вторую

тележку приставим к первой так, чтобы она плотно соприкасалась с другим концом пластинки (рис. 80,а). Перережем теперь нить, удерживающую пластинку в согнутом виде, и мы увидим, что обе тележки придут в движение» [14, с. 65]. Однако читатель не подумает, что причиной их движения является упругая пластинка: до того он прочитает, что взаимодействует **два тела**: «Действия тел **друг на друга** всегда имеют характер взаимодействия. **Каждое из тел действует на другое тело**, сообщая ему ускорение» [с. 64]. И еще: «Тела действуют **друг на друга** с силами, равными по модулю и противоположными по направлению» [с. 65]. Так что распрямляющаяся пластинка выглядит не более чем “спусковым крючком”, под влиянием которого тележки приходят во взаимодействие.

В другом учебнике для 9 класса находим: «**Две** одинаковые легкоподвижные тележки с одинаковыми массами поставим на горизонтальный стол так, как показано на рис. 81,а. Упругая стальная пластинка удерживается в согнутом состоянии прочной нитью. Перережем нить. Обе тележки приходят в движение и за одинаковое время проходят одинаковое расстояние (рис. 81,б). Сколько бы опытов мы ни проводили, всегда будет обнаруживаться следующая характерная закономерность взаимодействия тел: силы, с которыми действуют взаимодействующие тела **друг на друга**, всегда равны по модулю и направлены в противоположные стороны» [15, с. 87 – 88]. Как видим, и здесь взаимодействующие тела – **две** тележки, причем на рис. 81,б распрямившейся пластинки даже нет.

Вообще сюжет с тележками выбран крайне неудачно: **тележки между собой не взаимодействуют** и поэтому не способны изменять скорость друг друга. Твердые тела могут взаимодействовать между собой либо путем непосредственного контакта, либо через гравитационное или электромагнитное поле. Очевидно, в рассматриваемом случае этих явлений нет. На обе тележки действует пружина. Кинетическая энергия пришедшей в движение тележки равна работе силы пружины, а импульс – импульсу той же силы. (Факт прикрепления пружины к одной из тележек несуществен: описываемый авторами эффект обнаружится и при свободной пружине).

О взаимодействующих лодках пишут авторы учебника для 10 класса: “Примеров взаимодействия тел и сообщения ими **друг другу** ускорений можно привести сколь угодно много. Когда вы, находясь в одной лодке, начинаете за веревку подтягивать другую лодку, то и ваша лодка будет двигаться вперед (рис. 66). Действуя на другую лодку, вы **заставляете** ее действовать на свою лодку» [16, с. 67].

Аналогично взаимодействуют два человека: «Предположим, вы стоите на роликовых коньках и я толкаю вас кулаком в живот с силой 100 ньютонов. Пока вы

движетесь с ускорением, это будет причинять вам боль. В то же время ваше противодействие или ответный толчок действует на меня, а не на вас, и мой кулак почувствует приложенное к нему ответное толкающее усилие 100 ньютонов. Если я стою на роликовых коньках, то я тоже буду двигаться с ускорением, направленным в противоположную сторону» [17, с 331]. Как видим, и здесь толкающий человек приходит в движение под действием реакции толкаемого.

Хотя в следующем опыте участвует один человек, объяснение его движения такое же: «Фигуристка отталкивается от стенки и начинает катиться назад. Ясно, что должна существовать сила, подействовавшая на фигуристку и заставившая ее двигаться. Сила, с которой фигуристка действует на стенку, не могла привести фигуристку в движение. Эта сила приложена к стенке и могла повлиять только на стенку. Чтобы фигуристка покатила, на нее должно что-то подействовать. Это действие могло исходить **только от стенки**. Сила, с которой стенка подействовала на фигуристку, равна по величине и противоположна по направлению силе действия фигуристки на стенку» [18, с. 104 – 105].

2.2. Прыжок человека

Выпрыгивание человека из лодки описано не только А.В.Перышкиным, но и Нобелевским лауреатом Л.Купером (вообще обратим внимание: сюжеты кочуют из книги в книгу и из страны в страну). Рассказ об этом явлении помещен в раздел «Третий закон» и выглядит так: «...Человек, выпрыгивающий из лодки (фиг. 91), испытывает на себе действие третьего закона. Чтобы выбраться из лодки на пристань, ему нужна сила, которая могла бы ускорить его. Он надеется получить ее от лодки. Для этого (если взаимодействие между человеком и лодкой подчиняется третьему закону Ньютона) он толкает ее с силой, равной по величине и противоположной по направлению требуемой ему силе» [19, с. 122].

Представим себе сначала прыжок с места в случае неподвижной опоры. Очевидно, неподвижная Земля не может служить телом, сообщающим движение прыгуну: кинетическая энергия прыгуна растет, а работа силы реакции опоры равна нулю, так как равно нулю перемещение точки ее приложения. Иногда этот аргумент встречает возражение: «Перенесем силу реакции опоры по направлению ее действия в центр масс человека». Однако надо помнить, что данное правило допустимо применять только в случае абсолютно твердого (недеформируемого) тела, каковым, очевидно, при теоретическом исследовании нельзя заменить человека, мышцы которого сокращаются. Если же человек выпрыгивает из лодки, то работа силы реакции опоры отрицательна, так

как направление перемещения точки ее приложения противоположно направлению действия силы.

Возможно, почувствовать несостоятельность стереотипного объяснения прыжка человека поможет аналогичное объяснение подтягивания на перекладине (кольцах, трапеции), исходящее из предположения, что человек представляет собой нечто целое. Вот оно. Чтобы подтянуться, человек должен испытать внешнее воздействие, направленное снизу вверх. Как он добивается этого? Человек тянет перекладину вниз, **заставляя** ее – по третьему закону Ньютона – тянуть его вверх и перемещать, тем самым его центр масс.

2.3. Выстрел из ружья или из пушки

В других книгах, где описан выстрел из ружья или пушки, тоже сказано, что взаимодействуют **два тела**. Например: «Все тела инертны. Но инертность различных тел разная. Из **двух взаимодействующих тел** инертность больше у того, которое в результате взаимодействия приобретает меньшее ускорение. Так, например, при выстреле ружье приобретает меньшее ускорение, чем пуля» [15, с. 70]. Или: «Из закона сохранения импульса следует, что внутренние силы, действующие в системе, не могут изменить полного импульса системы, а позволяют лишь отдельным телам системы частично или полностью **обмениваться** импульсами. Общеизвестную демонстрацию с отдачей при выстреле из «пушки» можно изменить так, чтобы стало особенно ясно, что при выстреле **пушка и снаряд только обмениваются импульсами**. Если пушка скатывается по наклонной плоскости (рис. 53) и при выстреле уже имеет соответствующую скорость, то после выстрела она останавливается. При выстреле **пушка передала снаряду весь тот импульс, которым она обладала**» [13, с. 109].

Задумаемся, однако, каков **механизм** воздействия орудия на снаряд. Рассмотрим простейший пример «передачи импульса». Пуля, попав в небольшую чурку, приведет ее в движение. Как это происходит? Пуля испытывает лобовое сопротивление древесины и трение о нее. Это взаимодействие тормозит пулю и сообщает движение чурке. Таким образом, передача движения движущимся телом неподвижному возможна только в том случае, если направление движения первого совпадает с требуемым направлением движения второго. Но механизм воздействия ствола на снаряд прямо противоположен: трение о канал ствола тормозит движение снаряда и стремится направить его в другую сторону. В действительности и на снаряд, и на орудие действуют пороховые газы. Молекулы газа, движущиеся к затвору, передают свое движение пушке, а молекулы, движущиеся в направлении дульного среза, – снаряду. Это особенно ясно, если

рассмотреть выстрел из безоткатного орудия. Ствол безоткатного орудия не испытывает отдачи потому, что в его казенной части имеются осевые каналы, через которые вытекают пороховые газы. Ясно, что «передают свой импульс снаряду» не они, а те молекулы, которые движутся в направлении днища снаряда.

Таким образом, никакого **взаимодействия** между пулей и ружьем, приводящего, якобы, к их взаимному движению, не существует (так же, как нет взаимодействия между тележками).

2.4. Движение пешехода или лошади

В учебнике для 9 класса читаем: «Но бывает и так, что именно сила трения покоя служит причиной начала движения. Так, при ходьбе сила трения покоя F_1 , действующая на подошву, сообщает нам ускорение (рис. 117). Сила же F_2 , направленная в противоположную сторону (третий закон Ньютона), сообщает ускорение Земле» [14, с. 99]. Другой учебник для 9 класса: «Проделанные нами опыты свидетельствуют о том, что сила трения покоя препятствует началу движения, удерживает соприкасающиеся тела в относительном покое. Однако бывают случаи, когда сила трения покоя служит причиной ускорения движения тела. Так, при ходьбе именно сила трения покоя, действующая на подошву обуви, сообщает нам ускорение» [15, с. 127]. Такое же «объяснение» находим в американской книге: «Человек начинает идти, отталкиваясь ногой от земли. При этом земля действует на человека с равной и противоположно направленной силой (рис. 5.6). Именно эта сила, действующая на человека, и продвигает его вперед» [18, с. 105].

Подробнее (на трех страницах!) движение лошади с повозкой рассмотрено в книге Э.Роджерса [17, с. 331 – 333]. Из нее мы узнаем: «Телега тянет лошадь назад, и, чтобы двигаться вперед, лошадь должна отталкивать дорогу, **заставляя** тем самым дорогу толкать ее вперед <...>. Отталкиваясь от дороги, лошадь испытывает **со стороны дороги** действие силы, толкающей ее вперед».

Опять-таки вдумаясь: движение должно быть передано человеку или лошади каким-то телом. Очевидно, неподвижная Земля таким телом не является (иная ситуация, когда человек ускоряется относительно Земли, находясь в ускоряющемся транспортном средстве). Для того чтобы росла кинетическая энергия пешехода или лошади, необходима работа силы. Сила трения отлична от нуля. Но перемещение подошвы или копыта относительно Земли в лучшем случае (если отсутствует проскальзывание) равно нулю. Следовательно, работа силы трения тоже равна нулю и поэтому сила трения не может служить причиной движения человека или лошади. Сторонники общепринятого мнения с

данной мыслью соглашаются, но сразу же выдвигают возражение: «Да, сила трения работу не совершает, но это – единственная **внешняя** сила, способная привести тело в движение, а работу совершают другие – **внутренние** силы» (см., например, [67, с. 102]).

Во-первых, из данного возражения следует, что самодвижущемуся телу свойственны две скорости: одна вызвана внутренними силами и входит в выражение кинетической энергии, а другая порождена силой трения и входит в выражение импульса тела. Во-вторых, – и это главное – поразмыслив, легко прийти к выводу, что сила, точка приложения которой неподвижна относительно Земли, не может сообщить телу ускорение. Точка приложения движущей силы должна перемещаться вместе с ускоряемым телом. Возможно, мысль, будто сила, точка приложения которой неподвижна, способна вызвать перемещение тела, обусловлена тем, что, в отличие от формулы для работы, нет формулы, прямо связывающей ускорение тела с перемещением точки ее приложения.

2.5. Движение паровоза и автомобиля

Видные механики В.Л.Кирпичев («Беседы о механике»: первое издание – 1907 г. [20], пятое (последнее) – 1951 г. [21]) и С.Э.Хайкин («Физические основы механики» [13]) причиной движения локомотива и автомобиля также считали силу трения, приложенную к ведущим колесам со стороны дороги. Утверждения авторов выглядят убедительно: «Давление пара представляет собой **внутреннюю** силу и не может сообщить движение центру тяжести» [20, с. 150]; «Все **внутренние** силы, возникающие в двигателе, не могут быть причиной изменения скорости движения экипажа. Единственные **внешние** силы, действующие на экипаж в горизонтальном направлении, – это силы трения, которые и являются причиной изменения скорости экипажа» [13, с. 432]. Так же рассуждал А.Зоммерфельд: «Вернемся к трению покоя, которое в качестве трения сцепления имеет решающее значение при чистом качении. Как ни парадоксально, но именно это трение (трение покоя. – К.Г.) **заставляет** (! – К.Г.) поезд двигаться вперед (то же самое можно сказать и об автомобиле; пешеход на гладком полу также движется вперед лишь благодаря трению сцепления). Давление пара, поскольку оно является **внутренней** силой, никогда не могло бы привести в движение центр тяжести паровоза. Для этого нужна **внешняя** сила – реакция между рельсами и колесами, т. е. как раз трение сцепления» [22, с. 117 – 118].

Однако работа силы трения, приложенной к ведущим колесам со стороны дороги, равна нулю, так как точка касания колеса – мгновенный центр вращения, а ее возможное перемещение – не горизонтальное, а вертикальное, ибо точки обода колеса движутся по циклоидам. Кроме того, ни В.Л.Кирпичев, ни С.Э.Хайкин, ни А.Зоммерфельд не увидели,

что в состав системы, для которой силы, развиваемые в двигателе, следует считать внутренними, входит Земля (подробнее об этом см. дальше).

В других учебниках и научно–популярных книгах за редчайшим исключением авторы объясняют движение самоходных транспортных средств так же. Правда, иногда встречаются «разъясняющие» вариации. Например: «Проанализируем, как ведет себя ведущее колесо автомобиля на скользкой дороге. По выражению шоферов, пробуксовывает, т. е. частично проскальзывает. Попробуем определить полезные затраты энергии, идущие на перемещение машины, а также непроизводительные затраты энергии. Делается это путем очень простого расчета. Умножив скорость автомашины на силу трения колес о дорогу, найдем полезные затраты энергии. Непроизводительные затраты пропорциональны той же силе трения и скорости проскальзывания колеса относительно дороги. Таким образом, на одном объекте (колесе) в одном и том же месте в одно и то же время одна и та же сила **выступает** (! – К.Г.) в двух противоположных качествах: как движущая сила и как сила сопротивления» [23, с. 21 – 22]. Этот текст нуждается в комментариях. Во-первых, произведение силы и скорости равно не энергии, а мощности. Во-вторых, она равна произведению силы и скорости перемещения точки ее приложения в направлении действия силы, а не произвольной скорости. Но автор предлагает умножить силу трения между ведущими колесами и дорогой на скорость автомобиля. Поэтому все его рассуждение не имеет ничего общего с действительностью.

2.6. «Начала механики» Льва Кирпичева

Таким образом, налицо общественное явление в сфере образования, состоящее в том, что простейшие механические феномены повсеместно объяснены неверно. Логично предположить, что возникло оно очень давно: ведь наверняка движение лошади с повозкой объясняли задолго до начала XX столетия.

Действительно, есть книга Л.Кирпичева «Начала механики» (первое издание – 1870 г., второе издание – 1889 г.). В ней все объяснено так же. Судите сами.

«Представим себе, что человек подпрыгивает; при этом опора, на которой он стоит, оказывает на него давление, направленное кверху; это и есть внешняя сила, перемещающая центр инерции человека» [24, с. 421]. Дальше следует пояснение: «Всякому известно, что не имея прочной опоры нельзя подпрыгнуть. Сначала нужно упереться в опору, т. е. несколько сжать ее, затем сжатая опора приходит в первоначальный вид и при этом производит некоторое перемещение центра инерции человека». Однако в том-то и дело, что для подпрыгивания таким способом надо иметь не «прочную», а эластичную (упругую) опору, например, гимнастический пружинный

мостик, акробатическую дорожку или батут. Упругая деформация пола в помещении или земли пренебрежимо мала. Поэтому пренебрежимо мало и производимое опорой «некоторое перемещение» центра инерции человека.

Затем автор пишет: «Перейдем к рассмотрению горизонтальных движений человека. Внешняя сила, производящая эти перемещения, есть трение между подошвами ног человека и поверхностью, по которой он идет». Аргументы в пользу этого объяснения выглядят убедительно: «Если бы этого трения не было, то горизонтальные перемещения были бы совершенно невозможны: например, на гладком льду, где трения почти нет, перемещения очень затруднительны, в особенности при гладких (например, стальных хорошо отполированных) подошвах» [с. 422].

Далее читаем: «Приложение закона центра масс к обыкновенным повозкам. Лошадь вместе с повозкой, в которую она запряжена, представляет собой одну систему, центр инерции которой не может быть перемещен действием внутренних сил. Если бы не было трения между ногами лошади и поверхностью, на которой она стоит, то передвижение повозки было бы невозможно» [с. 423].

Относительно движения паровоза сказано, что **«трение и есть внешняя сила, движущая паровоз»** [с. 423].

3. Самодвижение

По месту расположения источника движения (энергии) можно различить три вида движения:

свободное – источник движения отсутствует (мысленный эксперимент Галилея);

принужденное – источником движения служит другое тело;

самодвижение – источник движения находится в изучаемом теле.

Самодвижение занимает важнейшее место в жизни людей: самодвижущимися объектами являются все животные (включая самого человека), все транспортные средства и многие другие машины. В приведенных примерах (кроме выстрела из ружья или пушки) авторы рассматривают именно самодвижение и объясняют его неверно. Очевидно, это недопустимо. Уясним суть стереотипных ошибок и наметим пути правильного объяснения.

3.1. Причина и условие

Изложенной выше критике учебных и научно-популярных книг противопоставить нечего: она базируется на наиболее фундаментальном научном принципе – законе сохранения энергии. Однако процесс движения пока понятным не стал (вспомним первый

опыт А.В.Перышкина: несмотря на наличие источника движения (деформированной пластинки, т. е. пружины) в отсутствие второй тележки первая осталась неподвижной). Аналогично движение пешехода, лошади или паровоза окажется невозможным, если отсутствует трение между их движителями и Землей.

Разберемся с самым простым случаем [25; 26, ч.2, § 8; 27, § 2.5]. Пусть в невесомости расположены два одинаковых шарика со сжатой пружиной между ними (рис. 1).

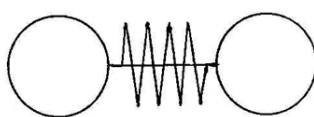


Рис. 1. Два шарика со сжатой пружиной между ними.

После освобождения пружины шарики разлетятся в разные стороны с одинаковыми по модулю скоростями. Какое тело послужило причиной этого? Очевидно, пружина. Данное умозаключение согласуется и с законом сохранения энергии, и с законом сохранения импульса: потенциальная энергия пружины «превратилась» в кинетическую энергию шариков, а их суммарный импульс остался равным нулю, так как импульсы сил, приложенных к шарикам со стороны пружины, разнонаправлены и одинаковы по модулю (по сути дела закон сохранения импульса оказывается следствием свойств пружины и третьего закона Ньютона).

Видоизменим опыт: сжатую пружину прикрепим к правому шарика, т. е. образуем **самодвижущуюся систему, состоящую из шарика и сжатой пружины**. Левый шарик приблизим вплотную к свободному концу пружины. Рассмотрим детально движение самодвижущейся системы. Оно состоит из двух этапов. На первом этапе пружина разжимается так же, как в первом опыте, расталкивая шарики. Второй этап начнется, когда левый шарик выйдет из соприкосновения с пружиной. Он продолжит движение по инерции, а правый шарик, тоже продолжая двигаться, увлечет за собой пружину. Импульс правого шарика и его кинетическая энергия растут на первом этапе под влиянием силы, приложенной к нему со стороны пружины. На втором этапе и импульс, и кинетическая энергия его уменьшатся: они частично передаются пружине.

Еще раз видоизменим опыт: удалим левый шарик. После освобождения пружины самодвижущаяся система останется неподвижной. Почему? Дело в том, что пружина – **элемент двухстороннего действия**: в отличие от шарика, она не может

взаимодействовать с одним телом. Поэтому для того, чтобы самодвижущаяся система пришла в движение, **левый шарик необходим**. Однако его необходимость совсем иная, чем необходимость пружины. Сжатая пружина – «активная необходимость». Именно она передает накопленное ранее движение обоим шарикам. Левый же шарик – «пассивная необходимость»: он сам получает движение от пружины. Очевидно, активную и пассивную необходимость нелогично было бы называть одним именем. Для сжатой пружины подходит название «источник (причина) движения», а для левого шарика – «условие движения». (Кстати сказать, еще К.Д.Ушинский писал: «Теперь, чаще чем прежде, встречается даже в печати, что причину называют то, что есть не более как одно из условий, а следствие смешивают с причиной или целью» [28, с. 206]).

3.2. Первые обобщения

Система, состоящая из правого шарика и сжатой пружины, - **простейшее самодвижущееся тело**. На рассмотренном примере мы обнаружили., что:

1. Самодвижущееся тело состоит по меньшей мере из двух частей: пассивной (правый шарик) и активной (сжатая пружина).

2. Необходимо внешнее пассивное тело, с которым активный элемент самодвижущегося тела должен взаимодействовать и которое по этой причине уместно назвать **телом отдачи** (обычно его называют опорой).

3. И энергия, и импульс самодвижущегося тела изменяются под действием **внутренней силы** (силы, приложенной со стороны пружины к правому шарика).

Источником движения, очевидно, может быть не только сжатая пружина, но и разогнанный маховик, и двигатели: паровая машина, двигатель внутреннего сгорания, пневмодвигатель, электромотор и др. Двигатели, как и пружина, – **элементы двухстороннего действия**. Поэтому **самодвижение всегда реактивное**: необходимо тело отдачи. Для земных транспортных средств телом отдачи служит Земля – ее твердая или подвижные оболочки (вода или воздух). У ракеты телом отдачи являются продукты сгорания топлива, находящегося внутри ракеты (поэтому термин *тело отдачи* более общий, чем термин *опора* – для ракеты второй не подходит).

Если вместо левого шарика в качестве тела отдачи использовать Землю (рис. 2), мы увидим, что прыжок самодвижущегося тела также состоит из двух этапов: сначала пружина расталкивает шарик и Землю, а когда ее нижний конец оторвется от Земли, шарик, продолжая двигаться, увлекает за собой пружину.

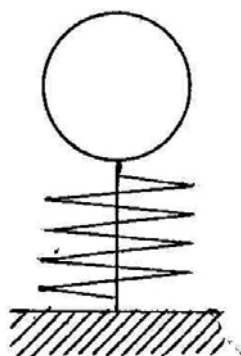


Рис. 2. Система, состоящая из шарика и сжатой пружины, на поверхности Земли

Попытка рассмотреть движение самодвижущегося тела как целого к успеху не приводит: в этом случае движущей силой должна была бы быть реакция Земли. Но точка ее приложения неподвижна и, следовательно, эта сила и работу не совершает, и сообщить ускорение не может.

Итак, проведенный анализ механизма прыжка самодвижущегося тела (два этапа) показывает, что причиной его движения служит **внутренняя** сила, приложенная к шарiku со стороны пружины. Закон сохранения импульса выполняется в результате движения тела отдачи в противоположную сторону.

Механизм прыжка человека совершенно аналогичен. Ноги человека подобны сжатой пружине: они расталкивают в разные стороны пассивную (в данном движении) часть тела (туловище, голова, руки) и Землю. Когда человек отталкивается в горизонтальном направлении от другого человека или от стенки, причиной движения являются мышцы его рук. Аналогично человек движется по горизонтали: его ноги расталкивают в разные стороны пассивную часть тела и Землю. Когда человек выпрыгивает из лодки, телом отдачи служит лодка. Она не только не сообщает человеку ускорение, как полагают упомянутые авторы, но, напротив, сама приходит в движение под действием мышц человека.

Таким образом, тема «Самодвижение» ввиду ее важности должна быть осознана как самостоятельная. Пока это не так. Например, С.Э.Хайкин [13] рассматривает движение сухопутных и водных самодвижущихся объектов в разных главах и объясняет его по-разному. По-видимому, для того чтобы преодолеть традицию априорно считать каждое тело твердым, целесообразно ввести понятие 'самодвижущееся тело'.

3.3. Еще раз о движении паровоза

Детально движение паровоза рассмотрим на примере машины с «ногами», придуманной кем-то до Стефенсона, потому что у паровоза Стефенсона или, тем более, автомобиля, двигатель связан с ведущими колесами через механизмы, затрудняющие рассмотрение. Принципиальной роли это не играет, так как любой механизм – устройство, преобразующее, а не порождающее движение.

Конструкция и кинематика «ногатого» паровоза чрезвычайно просты (рис. 3). Шток паровой машины шарнирно соединен с «ногой», нижний конец которой упирается в зубчатую рейку, прикрепленную к рельсу (т. е. имеется линейный храповой механизм).

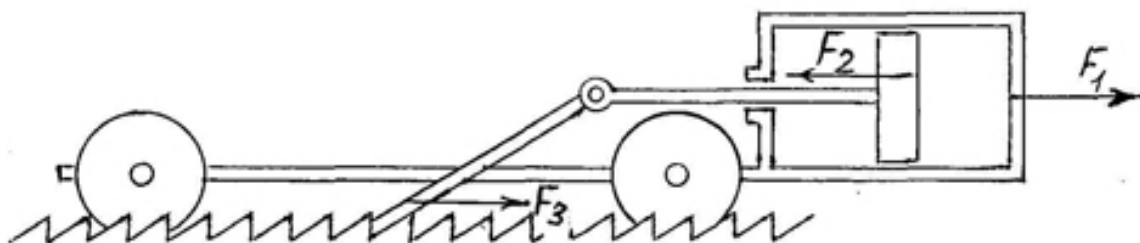


Рис. 3. Схематическое изображение «ногатого» паровоза

Когда пар находится в передней части цилиндра, он расталкивает в разные стороны цилиндр, скрепленный с тележкой паровоза, и Землю (через поршень, шток и ногу). Хотя поршень, шток и нога конструктивно принадлежат паровозу, функционально на данной стадии движения они составляют одно целое с Землей. В отличие от стационарной паровой машины, где относительно Земли перемещается поршень, здесь поршень неподвижен, а цилиндр сползает с него вправо. Очевидно, работа силы давления пара на днище цилиндра больше нуля (в отличие от работы силы трения между ведущими колесами обычного паровоза и рельсами). Из данного рассмотрения становится также ясно, что в систему, для которой **обе силы**, развиваемые двигателем (F_1 и F_2) являются внутренними, входит Земля и, следовательно, не может измениться импульс этой системы, а не паровоза. (Силы пара стали бы внутренними **для паровоза**, если бы в результате неисправности парораспределительного механизма цилиндр переместился вправо настолько, что его крышка уперлась бы в поршень (см. рис. 3)).

3.4. Самодвижущийся объект – абсолютно твердое тело?

Анализ рассмотренных текстов показывает, что-либо прямо, либо по умолчанию авторы считают самодвижущийся объект абсолютно твердым (недеформируемым) телом. Так, С.Э.Хайкин помещает § 98 «Самодвижущиеся экипажи» в главу XIII «Механика

твердого тела» и начинает его так: «Законы движения твердого тела позволяют рассмотреть задачу о движении колесных самодвижущихся экипажей (автомобиля, локомотива)». В.К.Кобушкин в главе «Динамика материальной точки» пишет: «Важно помнить, что тело самому себе ускорение сообщить не может: в соответствии со вторым и третьим законами Ньютона это могут сделать лишь другие тела. Поэтому выражение типа “Мотор автомобиля сообщает ему ускорение” надо понимать как проявление юмора. Истина же состоит в том, что мотор толкает колеса, колеса – землю (опору), а уже земля (опора) толкает колеса (а вместе с ними и автомобиль) в соответствии с третьим законом Ньютона» [29, с. 26]. Ни один из авторов не ищет причину движения самодвижущегося объекта в нем самом. Все видят источник движения вовне – в опоре (на основании третьего закона Ньютона). В действительности же, как было показано выше, опора (тело отдачи) является не причиной, а необходимым условием самодвижения.

Привычка рассматривать всякое тело как абсолютно твердое укоренилась очень давно. Истоки такого взгляда мы найдем еще у Аристотеля (384 - 322 до н. э.): «Ибо как может происходить движение, если ничто действенное не является причиной? Ведь не может материя двигать сама себя...» (цит. по [70, с. 329]). А. Арно и П. Николь в книге «Логика, или Искусство мыслить», впервые опубликованной во Франции в 1662 г. и впоследствии переиздававшейся десятки раз, в том числе в переводах, пишут: «Все согласны с тем, что важно держать в уме определенное число аксиом или принципов, которые, будучи ясными и несомненными, могли бы служить нам основой для познания самых сокровенных вещей» [71, с. 328]. Шестая аксиома выглядит так: «*Ни одно тело не может само прийти в движение, т. е. сообщить себе движение, будучи неподвижным*» [с. 329]. Она подкреплена седьмой аксиомой: «*Ни одно тело не может привести в движение другое, если оно само не находится в движении. Ибо, если тело, пребывая в покое, не может сообщить движение самому себе, оно тем более не может сообщить его другому телу*» [330]. Аналогично рассуждал Ф.В.Й.Шеллинг в книге, опубликованной сто лет спустя (1797 г.): «Материя, тем не менее, *инертна*. Движение материи без внешней причины невозможно <...> А насколько мы до сих пор знаем, только *движущееся* тело может *сообщить* движение другому телу» [72, с. 292]. О подобных ситуациях А.Л.Лавуазье (1743 – 1794) сказал: «Поэтому неудивительно, что в физических науках часто <...> предложения, передаваемые из поколения в поколение, приобретают все большее значение благодаря авторитету тех, кто к ним присоединился, и, что, в конце концов, их принимают основными истинами даже очень здравые умы» [73, с. 226].

Из анализа, проведенного в п. 3.1, достаточно ясно, что не разделив самодвижущийся объект на пассивную часть и источник движения, описать механизм

происходящего невозможно. Таким образом, мысленная модель в виде абсолютно твердого (недеформируемого) тела не подходит для объяснения движения самодвижущегося объекта и служит одной из главных причин ложного объяснения.

3.5. Внутренние и внешние силы

Особого внимания заслуживает также вопрос о «внутренних силах, развиваемых двигателем», так как все авторы, пишущие о движении локомотива или автомобиля, используют эту мысль в качестве главного аргумента, призванного обосновать идею о том, будто единственной силой, приводящей в движение самодвижущийся объект, служит внешняя сила трения, приложенная к ведущим колесам со стороны дороги. Поэтому рассмотрим эту тему подробнее.

Зададимся вопросом: можем ли мы на основании написанного ими догадаться, какие элементы авторы включают в систему, для которой обе силы, развиваемые двигателем, являются внутренними? Да. Поскольку они утверждают, что под действием этих сил не может измениться импульс **паровоза**, в систему включены только его части.

Однако это утверждение ошибочно. Рассмотрим еще раз (детальнее) схему «ногатого» паровоза (см. рис. 3). Пар находится в правой части цилиндра. Он действует на днище цилиндра силой F_1 и на поршень – силой F_2 . Нога упирается в зубчатую рейку и воспринимает ее реакцию, горизонтальная составляющая которой равна F_3 . Равнодействующая сил F_2 и F_3 равна нулю, и нога со штоком и поршнем неподвижна относительно Земли, а цилиндр сползает с поршня вправо. Иными словами, в рассматриваемом такте движения поршень, шток и нога не являются частями паровоза – они составляют одно целое с Землей, и сила F_2 приложена к Земле, а не к паровозу. Перед началом данного такта движения нижний конец ноги можно приварить к рельсу – характер движения не изменится. Следовательно, в систему, для которой обе силы, развиваемые двигателем, являются внутренними, входит Земля и не может измениться импульс этой системы, а не паровоза. (Напомню, что силы пара стали бы внутренними для паровоза, если бы в результате неисправности парораспределительного механизма цилиндр переместился вправо настолько, что его крышка уперлась бы в поршень).

Как это ни парадоксально, часто можно услышать, что изменение импульса паровоза вызвано силой трения, а изменение его кинетической энергии – внутренними силами. По-видимому, эта точка зрения обусловлена распространенным мнением, будто механика давно преодолела предметный уровень разговора: для нее главное действующее лицо – сила, а не «другое тело» и поэтому самодвижущийся объект в его взаимодействии с Землей рассматривают как целое. В действительности и кинетическая энергия, и импульс

паровоза растут под действием силы F_1 (см. рис. 3), являющейся для паровоза **внутренней**, как и сила, приложенная со стороны пружины к правому шарикю.

Только что сказанное, очевидно, вызовет возражение: все мы давно привыкли к мысли, будто импульс системы может измениться под действием только внешних сил. Поэтому полезно выяснить ее происхождение и применимость. Возникла эта мысль из-за неконкретности анализа. Пишут: «Предположим, взаимодействуют два тела». **Какие** тела и **как** взаимодействуют, никто не оговаривает. Тем самым, по умолчанию, оказывается, что речь идет о взаимодействии двух материальных точек. Если рассматривать систему и среду (ее окружение) состоящими из материальных точек, то окажется, что причиной изменения импульса системы являются внешние силы. Вот как резюмируют такой анализ авторы университетского учебного пособия:

«...При движении системы ее центр масс движется как материальная точка, масса которой равна сумме масс системы и к которой приложена сила, равная главному вектору \mathbf{F} всех внешних сил (*теорема о движении центра масс системы*). Если $\mathbf{F} = 0$, то центр масс системы движется равномерно и прямолинейно» [68, с. 136]. Но в следующем абзаце читаем:

«Не следует, однако, думать, что внутренние силы не влияют вообще на движение центра масс. От внутренних сил часто зависят внешние (? – К.Г.). Например, от напряжения мышц спортсмена зависит сила, с которой он отталкивается от земли при прыжке в высоту. Внутренними силами определяется также сила, с которой электровоз, отталкиваясь от рельс, тянет вагоны» [Там же].

Как примирить эти противоречивые утверждения? Во-первых, надо признать, что кроме инерционных элементов земные системы содержат элементы других типов: упругие, элементы трения и источники движения (подробнее см. п. 7). Причиной взаимодействия тел, как правило, служат источники движения (двигатели). В самодвижущихся объектах (прыгун, электровоз и др.) они расположены **внутри** объекта, и пассивные их элементы движутся под действием двигателей, т. е. внутренних сил. Двигатели, в отличие от инерционных элементов, – элементы двухстороннего действия, т. е. они расталкивают пассивные элементы самодвижущейся системы и элементы среды. Под действием внешних сил движутся объекты, испытывающие принужденное движение. На них и распространяется теорема о движении центра масс системы.

4. Силы инерции

А.Н.Крылов (подробнее см. дальше) указывал, что споры о силах инерции ведутся со времен Ньютона. Посмотрим, как это выглядит.

4.1. Почему планеты обращаются вокруг Солнца?

На вопрос о том, **как** движутся планеты, ответил Кеплер, а на вопрос о том, **почему** они движутся именно так, а не иначе – Ньютон. В «Математических началах натуральной философии» есть пункт «Определение V. Центростремительная сила». Чтобы у читателя сложилось непротиворечивое представление на этот предмет, приведу его полностью.

«Центростремительная сила есть та, с которою тела к некоторой точке, как к центру, отовсюду притягиваются, гонятся или как бы то ни было стремятся.

Такова сила тяжести, под действием которой тела стремятся к центру Земли; магнитная сила, с которой железо притягивается к магниту, и та сила, какою бы она ни была, которою планеты постепенно отклоняются от прямолинейного движения и вынуждаются обращаться по кривым линиям. Камень, вращаемый в праще, стремится удалиться от вращающей пращу руки, и этим своим стремлением натягивает пращу тем сильнее, чем быстрее вращение, и как только ее пустят, то камень улетает.

Силу, противоположную сказанному стремлению, которою праща постоянно оттягивает камень к руке и удерживает его на круге т. е. силу, направленную к руке или к центру описываемого круга, я и называю *центростремительной*. Это относится до всякого тела, движущегося по кругу. Все такие тела стремятся удалиться от центра орбиты, и если бы не было некоторой силы, противоположной этому стремлению, которая их и удерживает на их орбитах, то они ушли бы по прямым линиям, двигаясь равномерно. Эту-то силу я и называю *центростремительной*. Брошенное тело, если бы силы тяжести не было, не отклонялось бы к Земле, а уходило бы в небесное пространство по прямой линии равномерно, если бы не было сопротивления воздуха. Своею тяжестью оно отклоняется от прямолинейного пути и постоянно отклоняется к Земле в большей или меньшей степени, сообразно напряжению силы тяжести и скорости движения. Чем меньше будет отнесенное к массе напряжение силы тяжести и чем больше будет скорость, с которою тело брошено, тем менее оно отклонится от прямой линии и тем далее отлетит.

Если свинцовое ядро, брошенное горизонтально силою пороха из пушки, поставленной на вершине горы, отлетит по кривой, ранее, чем упасть на землю, на две мили, то предполагая, что сопротивления воздуха нет, если его бросить с двойной скоростью, оно отлетит приблизительно вдвое дальше, если десятерною, то – в десять раз. Увеличивая скорость, можно по желанию увеличивать и дальность полета и уменьшать кривизну линии, по которой ядро движется, так что можно заставить его упасть в расстоянии и десяти градусов, и тридцати, и девяноста, можно бы заставить его окружить всю Землю или даже уйти в небесные пространства и продолжать двигаться до бесконечности. Подобно тому, как брошенное тело может быть отклонено силою тяжести

так, чтобы описать орбиту вокруг Земли, так и Луна или силою тяжести, или она ей подвержена, или же иною силою, которая влечет ее к Земле, может быть отклонена от прямолинейного пути и вынуждена вращаться по своей орбите; без такой силы Луна не могла бы удерживаться на своей орбите. Если бы эта сила была меньше соответствующей этой орбите, она отклонила бы Луну от прямолинейного пути недостаточно, а если больше, отклонила бы ее более, чем следует, и приблизила бы ее от орбиты к Земле. Следовательно, надо, чтобы сила была в точности надлежащей величины. Дело математиков найти такую силу, которая в точности удерживала бы заданное тело в движении по заданной орбите с данной скоростью, и наоборот, найти тот криволинейный путь, на который заданною силой будет отклонено тело, вышедшее из заданного места с заданною скоростью» [75, с.26 – 27].

Более того, «Вся первая книга «Начал» занята почти исключительно учением о центростремительных силах и их действиях» (эта выдержка – Примечание 9 переводчика, академика АН СССР А.Н.Крылова).

Отметим, что понятие ‘центробежная сила’ Ньютон не вводит.

Эрнст Мах так же пишет о центростремительной силе, но включает в рассмотрение и центробежную силу: «Раз усвоено понятие, установленное Галилеем, что всякая сила определяет какое-нибудь ускорение, то становится неизбежною мысль, что каждое *изменение* какой-нибудь скорости, а, следовательно, и всякое изменение какого-нибудь направления движения <...> должно сводить к какой-нибудь *силе*. Поэтому, если какое-нибудь тело (камень, например) равномерно вращается в круге на натянутой нити, то это движение по кривой можно объяснить только действием постоянной силы, отклоняющей тело от прямолинейного пути. Сила эта есть натяжение нити, и этой силой тело постоянно отклоняется от прямолинейного пути к центру круга. Натяжение нити представляет, следовательно, центростремительную силу. С другой стороны, натяжение нити действует также на ось или на неподвижный центр круга и в этом смысле оно представляет собой силу **центробежную**» [31, с. 129 – 130].

Более подробно вопрос о соотношении центростремительной и центробежной силы рассмотрел видный русский механик первой половины XX столетия В.Л.Кирпичев. Он писал: «В средней школе вопрос о том, существует ли центробежная сила в действительности, или она представляет собою только математическую фикцию, всегда подает повод к продолжительным спорам. Рассматривая грузик, который привязан ниткой к некоторой точке и описывает круг около этой точки как центра, противники существования центробежной силы рассуждают следующим образом: масса m движется по кругу под действием натяжения нитки, которая тянет грузик к центру. Это

центростремительная сила <...> Допустим, что центробежная сила не есть фикция, а существует реально. Это означает, что к телу m , кроме центростремительной силы, приложена еще и центробежная. Эти две силы равны и противоположны, следовательно, взаимно уничтожаются <...> Но тогда масса m должна была бы двигаться по инерции прямолинейно <...> Ошибка этого рассуждения состоит в том, что обе силы – центростремительную и центробежную – считают приложенными к одному телу – массе m . Между тем мы имеем здесь систему, состоящую из двух тел: массы m и нити; последняя есть связь системы. Между этими двумя телами происходит взаимодействие, подчиненное третьему закону Ньютона <...>. Действие нити на тело есть центростремительная сила. Но тело m обратно действует на нить; это противодействие и есть **центробежная** сила, она приложена не к массе m ; поэтому нить растягивается и может быть даже разорвана [20, с. 102 – 103].

Таким образом, и у Маха, и у Кирпичева центробежная сила приложена не к вращающемуся телу, а к связи, удерживающей его на криволинейной траектории. Совсем иначе этот вопрос трактует видный механик академик АН СССР Л.И.Седов: «Спутнику необходимо будет сообщить такую скорость, которая при движении по круговой траектории вокруг Земли придаст ему **центробежную** силу, достаточную для **уравновешивания** силы тяготения [76, с. 376]. И далее: «Поразительно, что вопрос о силах инерции (центробежную силу считают одним из видов сил инерции. – К.Г.) в наше время излагается путано, а зачастую просто неверно как в научных работах, так и во многих, даже хороших учебниках по механике для вузов в иностранных и отечественных изданиях. Например, нередко пишут, что силы инерции, хотя и не фиктивны, но приложены не к движущимся телам, а к связям, не к камню, а к веревке, удерживающей вращающийся камень. Если мы обратимся к космонавту в свободном полете, то согласно такому подходу силу инерции (т. е. центробежную силу. – К.Г.) надо отождествить с силой тяготения, с которой космонавт действует на Землю, так как в этом случае веревки нет. (Возникает вопрос: как назвать силу, которой оценивают притяжение Луной океанской воды, вызывающей приливы, если не центробежной? – К.Г.). В действительности силы инерции - массовые силы, приложенные к камню, а результат их действия передается веревке, так же как массовая сила тяжести, действующая на неподвижный камень, передается веревке, на которой он висит» [76, с. 41].

Аналогично рассуждает один из создателей квантовой механики Нобелевский лауреат Макс Борн: «То, что планеты или Луна не падают на центральные, притягивающие их тела, обусловлено законом инерции, следствием которого является возникновение **центробежной** силы» [77, с. 65]. И подпись к фиг. 46: «Гравитационные силы,

действующие на Луну со стороны Земли, точно **компенсируются** центробежными силами, обусловленными ее движением вокруг Земли» [с. 85].

Даже П.Л.Капица, рассказывая о планетарной модели атома, пишет: «Резерфорд решил, что отрицательно заряженные электроны надо распределить кругом (ядра. – К.Г.) – они могут удерживаться благодаря вращению, центробежная сила которого уравнивает силу притяжения положительного ядра. Следовательно, модель атома есть солнечная система, состоящая из ядра – солнца и электронов – планет» [10, с. 287].

Отметим: у трех последних авторов центробежная сила **«уравнивает»** («**компенсирует**») силу притяжения к центру. Но если силы уравнивают друг друга, то равнодействующая равна нулю, и тело должно двигаться свободно – по инерции (на что обратил внимание В.Л.Кирпичев).

А что мы видим в учебниках? Например, в учебнике для 9 класса [15] читаем, что равномерное движение тела по окружности вызывается действующей на него со стороны связи силой, направленной к центру окружности и поэтому называемой центростремительной. Тело, в свою очередь, действует на связь с силой, направленной противоположно, и называемой центробежной. А дальше следуют иллюстрации: «Центробежная сила заставляет грязь слетать с колес движущихся автомобилей <...>». И: при центробежном литье «под действием центробежной силы металл прижимается к стенкам формы и заполняет все пустоты». Но ведь только что мы прочитали, что центробежная сила действует не на вращающееся тело, а на связь, т. е. в рассматриваемых случаях – на колеса автомобиля и на форму...

4.2. Причина невесомости

Силы инерции используют не только для объяснения причины вращения тел, но и для обоснования явления невесомости при свободном вертикальном падении и уменьшение веса тела на экваторе. Так, например, академик АН СССР А.Б.Мигдал в научно-популярной книге для школьников «Как рождаются физические теории» писал: «Массе тела пропорциональны и силы инерции, которые возникают в ускоренно движущихся системах» [78, с. 50] и далее: «В свободно падающем лифте механические и другие процессы выглядят так же, как в неподвижном в отсутствие силы тяжести. Невесомость возникает оттого, что сила инерции, пропорциональная массе, точно уравнивает силу тяжести, также пропорциональную массе» [с. 92 – 93].

Начнем с того, что физическая величина ‘сила’ введена для количественного оценивания интенсивности взаимодействий **двух тел** (см., например, [16, с. 59]). Поэтому непонятен физический смысл утверждения, что силы инерции «возникают в ускоренно

движущихся системах» (между какими телами?). Далее: «Две силы независимо от их природы считаются равными и противоположно направленными, если их одновременное действие на тело не меняет его скорости» [16, с. 60]. Поэтому непонятно, как тело может свободно падать с ускорением, если сила инерции точно уравновешивает силу тяжести, т. е. их равнодействующая равна нулю... Состояние невесомости тела массой m легко понять, если проследить, как оно возникает в падающем лифте, ускорение которого постепенно растет от нуля до значения g . Вспомним, что весом тела называют силу, с которой оно либо давит на опору, либо натягивает подвес. Пусть тело лежит на динамометре, находящемся на дне лифта, покоящегося или падающего с постоянной скоростью. При этом, очевидно, динамометр показывает вес тела. Пока ускорение лифта равно нулю, вес тела $P_0 = mg$, т. е. притяжение тела к Земле полностью «расходуется» на сообщение ему веса. Когда лифт начинает двигаться с ускорением $a < g$, с таким же ускорением движется рассматриваемое тело. Очевидно, на него действует вертикально направленная сила $F = ma$. Что служит ее источником? Никаких других воздействий такого направления, кроме тяготения, тело не испытывает. Следовательно, на ускорение тела «расходуется» часть силы тяготения, равная F , и динамометр покажет силу P , равную разности mg и ma : $P = m(g - a)$. Когда ускорение лифта достигнет значения g , вес тела станет равным нулю.

Аналогично объясняется уменьшение веса тел на экваторе. Предположим, на экваторе расположено тело, а вращение Земли прекратилось. Атмосфера отсутствует, чтобы исключить подъемную силу воздуха. В этом случае динамометр, расположенный между телом и Землей, покажет вес, равный силе тяготения. Если Земля придет во вращение, за счет трения вместе с ней будут вращаться динамометр и рассматриваемое тело. Вращающемуся телу свойственно центростремительное ускорение, обусловленное наличием центростремительной силы. Кроме гравитационного воздействия со стороны Земли, тело не испытывает никаких других воздействий, направленных к ее центру. Следовательно, гравитационная сила F_{gp} должна быть представлена в виде суммы двух составляющих: веса тела P и центростремительной силы $F_{цс}$: $F_{gp} = P + F_{цс}$. Чем выше частота вращения Земли, тем больше $F_{цс}$ и, тем самым, меньше P .

5. Виды сопротивлений движению

Представим себе, что нам попал на глаза следующий текст: «Ом заблуждался, полагая, будто электрическое напряжение связано с силой тока. В действительности, как показал Генри, оно связано не с самой силой тока, а с ее изменением - первой производной силы тока по времени». Любопытно, любой человек, мало-мальски знакомый с электрическими

цепями, скажет, что заблуждался не Ом, а автор данного текста. Существуют разные физические явления: сопротивление и самоиндукция (и элементы электрической цепи, в которых они проявляются наиболее отчетливо – резистор и индуктивная катушка). Второе явление было открыто позже первого, но не вместо него, а кроме; подобно этому индуктивные катушки стали применять не вместо, а кроме резисторов. В любой принципиальной схеме электронной цепи (как ламповой, так и транзисторной) мы обнаружим, что большинство ее элементов – именно резисторы.

Рассмотрим аналогичный текст, относящийся к механическим явлениям: «Аристотель заблуждался, полагая, будто сила связана со скоростью. В действительности, как показал Ньютон, она связана не с самой скоростью, а с ее изменением». Ситуация, очевидно, аналогичная. Существуют разные явления: вязкое трение и инерция. Второе было открыто позже первого, но не вместо него, а кроме. В механических системах широко используют элементы первого типа – демпферы – для гашения колебаний (наиболее распространенный пример – амортизаторы в подвеске автомобилей).

Однако в разделе «Первая руководящая идея» книги «Эволюция физики» [79, с. 9 – 14] А.Эйнштейн и Л.Инфельд пишут: «Самая фундаментальная проблема, оставшаяся в течение тысячи лет неразрешенной из-за ее сложности, - это проблема движения <...> Наша интуиция связывает движение с такими действиями, как толчок или тяга <...> Кажется естественным заключение, что чем сильнее действие, оказываемое на тело, тем больше будет его скорость. Карета, запряженная четверкой лошадей, движется быстрее, чем карета, запряженная парой» [с. 9]. Однако «метод рассуждения, навязываемый интуицией, неверен и приводит к ложным идеям о движении, которые сохранялись в течение столетий. Может быть, главным основанием продолжительной веры в эту интуитивную идею повсюду в Европе был великий авторитет Аристотеля» [с. 9 – 10]. «Вклад Галилея в науку состоял в разрушении интуитивного воззрения и в замене его новым» [с. 12]. Идя по этому верному пути, мы достигнем более глубокого понимания проблемы движения. Основой классической механики, как она сформулирована Ньютоном, является связь между силой и изменением скорости, а не между силой и самой скоростью, как мы думали согласно интуиции» [с. 12 – 13]. (Попутно отметим, что поразительно включение в качестве аргумента упоминания о каретах. Ведь никто не усомнится, что карета, запряженная четверкой лошадей, движется быстрее кареты, запряженной парой. Но как иначе можно объяснить этот факт, чем прямой связью скорости с силой?).

То же самое читаем у академика А.А.Дородницына: «Законы Ньютона поражают своей простотой. Несомненно, что математического таланта Архимеда вполне было бы

достаточно, чтобы сформулировать подобные законы. 2000 лет ушло на «установление величины», на то, что силу нужно связывать с ускорением, а не со скоростью, как пытались делать до Ньютона (или во всяком случае до Галилея)» [80, с. 16].

Рассуждая совсем иначе, Макс Борн, тем не менее, приходит к тому же выводу [77, с. 36 – 37]. Он пишет, что уже древние установили тот факт, что без силы движение невозможно, и наоборот; если наблюдается движение, то должна существовать сила, поддерживающая его. Это вызывало затруднения: непонятно было, почему продолжает двигаться брошенный рукой камень или выпущенная из лука стрела. Галилей «первым заметил ошибочность убеждения в том, что сила должна присутствовать **везде**, где существует движение. Наоборот, следовало задаться вопросом, какое количественное свойство движения находится в правильном соотношении с силой – будь то **положение** движущегося тела, его **скорость**, его **ускорение** или **какая-нибудь сложная величина, зависящая от всех этих параметров**». Приведенные соображения возражений не вызывают, но вдруг читаем: «Ответ, который дает природа, состоит в том, что влияние силы проявляется в *изменениях* скорости; для поддержания же движения, при котором величина и направление скорости остаются неизменными, не требуется присутствия сил. <...> Поэтому силы **всегда** ассоциируются с изменением скорости – ускорением».

Вместе с тем, на с. 55 видим: «В механике небесных тел превосходно реализуется этот идеальный случай, здесь строго справедлива идеализированная динамика, принципы которой мы сформулировали. На Земле же дело обстоит отнюдь не так. Каждое движение сопряжено с трением, вследствие чего энергия движения превращается в тепло». Иными словами, при движении на Земле силой надо преодолевать не только инерцию, но и сопротивление трения...

А что по этому поводу писал сам Ньютон? Он рассматривал инерцию **как один из видов сопротивления движению**: «Если отступление от пропорциональности скоростям будет таково, что будут преодолеваются **сопротивления, происходящие от трения соприкасающихся и скользящих друг по другу тел, от сцепления тел непрерывных и разъединяемых, и от подъема грузов, то за исключением всех этих сопротивлений избыточная сила произведет ускорение, пропорциональное ее величине как в частях машины, так и в сопротивляющемся теле**» [75, с. 56].

Более того, почти вся вторая книга (часть) «Начал» посвящена движению твердого тела в жидкости, вследствие чего Ньютон отнюдь не пренебрегает связью силы со скоростью. Он предлагает три математические модели: сила пропорциональна скорости, квадрату скорости и взвешенной сумме первой и второй степени скорости.

А описание движения механических систем обычно включает в себя три вида сопротивлений: инерцию, трение и упругость (т. е., согласно Борну, представляет собой сложную функцию, зависящую от всех трех переменных, от которой он почему-то отказался в пользу одного только ускорения). Например: «Рассмотрим механическую систему с одной степенью свободы, движение которой описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$m d^2x/dt^2 + b dx/dt = cx = Q(t)» [44, с. 59].$$

Как возможно появление столь противоречивых точек зрения?

Л.И.Седов писал: «Суть разногласий состоит в том, что в ньютоновской механике все пишут и правильно решают одни и те же уравнения, речь идет только о толковании различных членов этих уравнений» и совершенно справедливо добавлял: «”ученое” пренебрежение к глубокому смыслу элементарных основ не должно бытовать в научной и учебной литературе. Опыт показывает, что залог успеха не только в правильной рецептуре действий, но и в правильном **понимании** и в ясной формулировке сути дела. **Это вопрос коэффициента полезного действия в образовании и науке.** Неправильно мнение о том, что вполне достаточно, когда настоящее понимание уже имеется у узкого круга специалистов, и что поэтому нет смысла преодолевать затруднения для изменения предвзятых, ходячих оборотов мысли» [76, с. 41].

Но почему даже специалисты высшего класса не понимают друг друга? Ведь, например, Л.И.Седов и академик АН СССР механик А.Ю.Ишлинский всю жизнь спорили по поводу «физического смысла» сил инерции. Первый считал их «реальными», а второй – «фиктивными». И продолжается полемика по этому поводу более трехсот лет. В докладе, посвященном 250-летию «Начал» Ньютона, прочитанном 26 дек. 1936 г., А.Н.Крылов приводит противоположные высказывания двух физиков по поводу сил инерции (тоже «реальные» - «фиктивные») и замечает: «Таких противоречий можно набрать сколько угодно, ибо они продолжаются на протяжении 250 лет, восходя к временам Гюйгенса и Ньютона» [36, с. 52].

6. Причины появления и живучести заблуждений

Я вижу четыре главные причины появления и живучести заблуждений. Три первые вытекают из анализа истории механики [30 – 36].

Первая причина состоит в том, что все великие механики работали до того, как был открыт закон сохранения энергии (середина XIX века), о чем свидетельствуют годы их жизни (Галилей: 1564 – 1642; Декарт: 1596 – 1650; Паскаль: 1623 – 1662; Гюйгенс: 1629 – 1695; Ньютон: 1642 – 1727; Лейбниц: 1646 – 1716; Д.Бернулли: 1700 – 1782; Эйлер: 1707 –

1783; Даламбер: 1717 – 1783; Лагранж: 1736 – 1813; Лаплас: 1748 – 1827; Пуассон: 1781 – 1840).

Вторая причина. Все выдающиеся механики занимались небесной механикой, причем, как правило, в весьма абстрактной форме, что прекрасно видно хотя бы из Введения А.Зоммерфельда: «Наши лекции носят название «Механика», а не «Аналитическая механика», как это предпочитают делать математики. Последнее название заимствовано у Лагранжа, из его фундаментального труда, вышедшего в 1788 г. Лагранж хотел облечь в единый язык формул всю систему механики и гордился, что «в его труде нельзя будет найти ни одного чертежа». Напротив, в наших лекциях мы стремились возможно больше обращаться к наглядным представлениям и будем рассматривать не только астрономические (! – К.Г.), но также физические и, в известной степени технические приложения механики» [22, с. 5].

В Космосе, как известно, имеются элементы только одного вида – инерционные, чье поведение описывают вторым законом Ньютона. Другие механические элементы, свойственные земной механике, – источники движения, пружины и элементы трения в Космосе отсутствуют. Поэтому второй закон Ньютона, утвердился в сознании механиков как «основной закон динамики», а не один из компонентных законов (других не могло появиться просто за отсутствием в изучаемых системах соответствующих элементов). Когда же в земной (прикладной) механике понадобились соотношения, описывающие поведение других элементов систем, их стали называть «выражениями для сил», а не компонентными законами, равноправными с законом Ньютона.

Третья причина. Когда в XVIII в. начало быстро развиваться машинное производство, специалисты по прикладной механике отсутствовали. Но промышленникам было некогда [33, с. 96, 195]. Отвечая на потребность, как всегда, находились талантливые люди, предлагавшие приемлемые методы расчета, не вдаваясь в обоснования [33, с. 195]. Не случайно Энгельс заметил: «Вычисления отучили механиков от мышления» [32, с.80].

Четвертая причина – особенности человеческой психики: импринтинг (детское запечатление), стереотипность (недиалектичность) мышления («Как меня учили, так и я учу!») и конформность (неспособность противостоять мнению большинства). По-моему, невозможно допустить, чтобы такие видные ученые, как В.Л.Кирпичев, А.Зоммерфельд и С.Э.Хайкин не увидели, что в систему, для которой силы пара являются внутренними, входит Земля, если бы задумались. Очевидно, их «зомбировали» в молодые годы – они усвоили, что «вопрос давно решен». Это видно, например, из книги С.Э.Хайкина [13]. Напомню, что § 98 «Самодвижущиеся экипажи» помещен в главу XIII «Механика твердого тела».

7. Система понятий механики

Достаточно очевидно, что описанные выше ошибки в учебных и научно-популярных текстах – не случайность. По причинам, изложенным в п. 4, система основных понятий механики находится в неудовлетворительном состоянии. Об этом говорили и писали многие ученые. Так, А.Н.Крылов в докладе «О силах инерции и о начале Даламбера», прочитанном 26 декабря 1936 г. в Математическом институте АН СССР в связи с 250-летием выхода в свет «Начал» Ньютона рассказал о противоречивых трактовках сил инерции, даваемых разными авторами, и заметил: «Таких противоречий можно набрать сколько угодно, ибо они продолжают 250 лет, восходя к временам Гюйгенса и Ньютона» [36, с 52]. И еще: «Нам говорят, что рациональная механика служит основой прикладной, так нам надо, чтобы она не запутывала нас своими противоречиями, а способствовала уяснению сути дела» [36, с. 56]. Е.Л.Николай, многолетний заведующий кафедрой теоретической механики Ленинградского политехнического института, в 1933 г. выступил с докладом «О начале Даламбера и о силах инерции», а в 1936 г. опубликовал его [37] (он был напечатан также в сборнике [38]). Начинается доклад так: «Вряд ли можно назвать другую теорему механики, которая вызывала бы столько всякого рода недоразумений, как начало Даламбера». С тех пор ничего не изменилось. Видные механики академики А.С.Ишлинский и Л.И.Седов всю жизнь спорили о «природе» сил инерции. Первый считал их «фиктивными», второй – «реальными». Член Академии Наук Украины профессионал-механик П.В.Харламов опубликовал несколько работ (см., например, [39 – 42]), лейтмотив которых выражен следующим образом: «Задумывающийся над обоснованиями механики, неизбежно обнаруживает в них преобладание мифов, метафизических представлений» [42, с. 3] и «Единомыслие в механике – редкость, исключение. Разномыслие – правило» [42, с. 36].

Ясно, что бессмысленно кратко обсуждать систему понятий, складывавшуюся веками. Однако наметить «стратегическую линию» имеет смысл. Ключом к достижению понимания должна послужить мысль Максвелла, приведенная во втором эпитафе. Имеется и вполне конкретное, хорошо разработанное средство – электромеханические аналогии (см., например, [43]). Вначале их использовали для уяснения электрических понятий и явлений. Но со временем теория электрических цепей была систематизирована лучше, чем механика, и появилась возможность использовать ее для упорядочения

понятий механики. Рассмотрим некоторые фрагменты такой работы, имея в виду не небесную, а земную (прикладную) механику, которая нужна подавляющему большинству лиц, изучающих механику.

1. Структурные (топологические) и компонентные (элементные) законы.

В соответствии с системным подходом (см., например, [26, ч. 1, § 11]) в теории электрических цепей рассматривают структурные законы (уравнения Кирхгофа) и компонентные законы. Простейшие из числа законов второго типа – закон Ома для участка цепи (математическая модель резистора) $u_R = Ri_R$ и формулы, приближенно описывающие поведение конденсатора $i_C = C du_C/dt$ и индуктивной катушки $u_L = L di_L/dt$.

Как известно, движение механических систем успешно моделировали, используя электронные аналоговые машин. Их функционирование описывают, используя теорию электрических цепей. Уже этих двух фактов достаточно, чтобы утверждать, что движение механических систем также следует описывать, применяя как структурные, так и компонентные законы. Фактически так оно и есть. Но в механике почему-то законы Кирхгофа признают, а свои структурные законы не замечают и не называют. Вот, например, как это проявляется.

В широко распространенном учебнике теоретической механики есть параграф об электромеханических аналогиях [44, с. 59 – 60]. Авторы приводят расчетную схему механической системы (рис. 2.17) и говорят, что ее движение «описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$md^2x/dt^2 + bdx/dt + cx = Q(t). \quad (2.50)»$$

После этого рассмотрены две схемы дуальных (аналогичных) друг другу электрических цепей. Об описывающих их уравнениях сказано совсем иначе, а именно: «Согласно второму закону Кирхгофа...» и «... На основании первого закона Кирхгофа...». Как видим, уравнение (2.50) оказывается просто уравнением, безымянным, а не структурным законом. (Кстати сказать, уравнение на с. 60 не эквивалентно уравнению (2.50) на с. 59, каковым оно должно быть: в качестве переменной в его левой части следует использовать не напряжение, а потокосцепление – величину, равную интегралу напряжения по времени, и, тем самым, дуальную электрическому заряду; в правой части должна быть сила тока).

Одним из структурных законов механики является принцип Даламбера, на что давно обратили внимание А.А.Харкевич [43] и Е.Л.Николаи [37], но с этим никто не считается. Второй структурный закон – уравнение, связывающие скорости [45]. Какие именно законы служат компонентными, мы увидим, рассмотрев состав систем с наиболее общих позиций.

2. Состав динамических систем

И электрические цепи, и механические системы анализируют, используя теорию обыкновенных дифференциальных уравнений. Назовем такие системы «динамическими» и рассмотрим их состав с энергетической точки зрения [45; 69, Приложение 1]. Нетрудно увидеть, что состоят они из элементов только четырех типов (число экземпляров элементов разных типов может быть различным). Это:

1. Источники движения. В них материальное движение какой-либо формы, получаемое системой из среды, преобразуется в движение той формы, которая свойственна данной системе. В механических системах это – двигатели, в электрических цепях – генераторы (источники питания).

2. Удалители движения. В них происходит обратное преобразование: движение, свойственное данной системе, превращается в движение другой формы и возвращается в среду. В механических системах удалители – различные элементы трения, а также электрогенераторы, компрессоры и т. п. В электрических цепях – лампочки, нагреватели, электродвигатели и т. д.

3. Статические накопители – элементы, способные накапливать потенциальную энергию. В механических системах это – пружины, в электрических цепях – конденсаторы.

4. Динамические накопители – элементы, способные накапливать кинетическую энергию. В механических системах это поступательно движущиеся массивные тела и маховики, в электрических цепях – индуктивные катушки.

Взаимодействие элементов полезно представить в виде «энергетического портрета динамической системы» (рис. 4), на котором широкими стрелками показаны «потoki энергии».

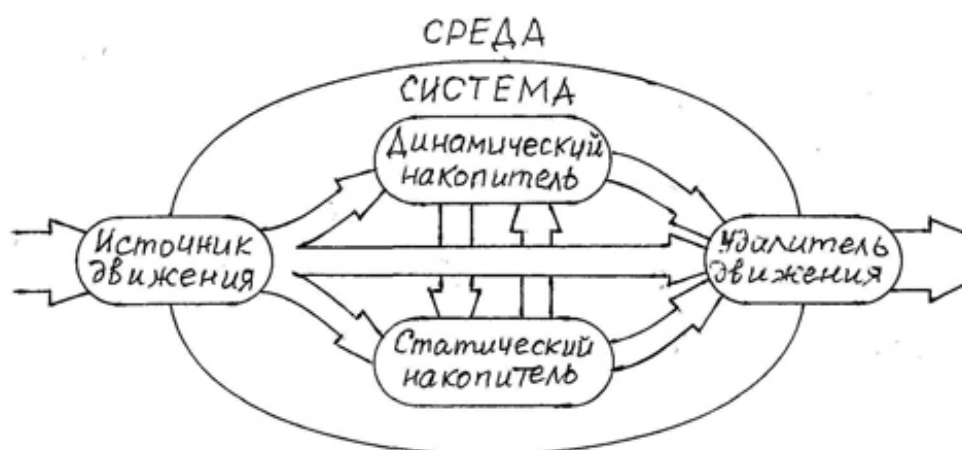


Рис. 4. Энергетический портрет динамической системы

Простейшие математические модели элементов электрической цепи (кроме источника движения) были приведены выше. Очевидно, им должны соответствовать аналогичные формулы в механике. Разумеется, так оно и есть. Закону Ома соответствует формула $F = Rv$ (которую, по-видимому, следовало бы называть тоже законом Ньютона – ведь почти вся вторая книга его «Начал» посвящена движению тела в жидкости и, в частности, приведена эта зависимость). Формуле, описывающей поведение конденсатора, – формула $v = (1/k)dF/dt$ (или, в привычной форме, – закон Гука $F = kx$). И, наконец, формуле, описывающей поведение индуктивной катушки соответствует второй закон Ньютона $F = mdv/dt$. Отсюда следует, что второй закон Ньютона – не «основной закон динамики», как об этом обычно пишут, а один из ее компонентных законов.

8. Явление самоиндукции

Чтобы не создалось впечатление, будто ошибки свойственны только разделу «Механика», рассмотрим понятие ‘ЭДС самоиндукции’.

В учебниках часто описывают следующий эксперимент. Соединенные параллельно индуктивная катушка и резистор подключены к источнику питания с ограничителем тока (рис. 5,а). После того, как ток катушки установится (обозначим его через I_0), источник питания отключают (момент отключения обозначим через $t = 0$). Остается система, состоящая из индуктивной катушки и резистора. Процесс, происходящий при $t > 0$, авторы учебников (см., например, [46, 47]) описывают так. Ток катушки i_L уменьшается не мгновенно. Происходит это потому что одновременно уменьшается магнитный поток Φ , пропорциональный току катушки. Уменьшение магнитного потока приводит к появлению ЭДС самоиндукции, которая в соответствии с принципом Ленца поддерживает протекание тока катушки в прежнем направлении.

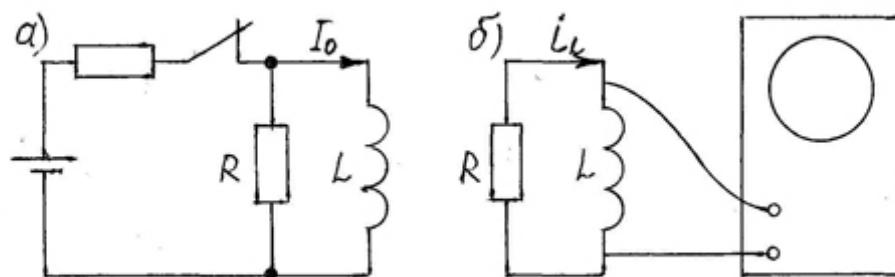


Рис. 5. Схема цепи с индуктивной катушкой при включенном источнике питания (а); с присоединенным осциллографом при отключенном источнике питания (б)

Зададимся, однако, некоторыми вопросами.

1. Что мы увидим на экране осциллографа при $t > 0$ (рис. 5,б)?

Начнем рассуждать в рамках традиционной концепции. Поскольку сила тока с течением времени убывает, должна уменьшаться и поддерживающая ее ЭДС самоиндукции. Следовательно, осциллограмма должна иметь вид импульса, напоминающего экспоненциальный. Однако не вполне ясно, какой окажется его полярность. Поскольку ЭДС самоиндукции поддерживает протекание тока катушки в прежнем направлении, то ориентируясь на полярность источника тока, вызвавшего его при $t < 0$, можно предположить, что импульс должен быть положительным. Вместе с тем возникает неуверенность: ведь известно, что напряжение u_L между выводами катушки связано не с силой тока i_L , а с ее производной по времени:

$$u_L = L di_L/dt. \quad (1)$$

Обратившись к эксперименту, мы увидим осциллограмму, показанную на рис. 6.

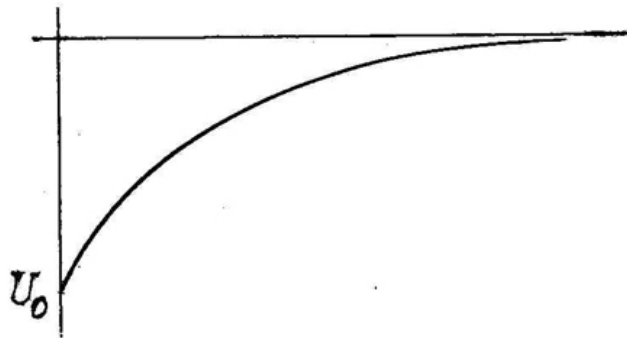


Рис. 6. Осциллограмма напряжения между выводами индуктивной катушки, наблюдаемая с момента отключения источника питания

2. Чему равно значение пика напряжения U_0 ?

Казалось бы, его можно вычислить по формуле (1):

$$U_0 = L di_L/dt \text{ при } t = +0.$$

Но тогда возникает вопрос: чему равна производная силы тока в этот момент времени? Исходя из стереотипного описания процесса, непонятно, как на него ответить.

3. Изменится и если да, то как, осциллограмма напряжения, если сопротивление R уменьшить вдвое?

Ответ опять-таки неясен.

4. Чему равна ЭДС самоиндукции, поддерживающая постоянным ток в сверхпроводящем контуре?

Столь же непонятно.

Ответы на все вопросы мы получим, если уясним, что причинно-следственные отношения процесса, возникающего в момент отключения источника питания, оказываются совсем иными, чем изложено в книгах.

Вообще любое движение (в широком смысле слова) возможно только в том случае, если есть источник энергии. В электрической цепи, состоящей из индуктивной катушки и резистора, таковым, очевидно, является катушка, ее магнитное поле. Энергия W_m катушки прямо связана с протекающим в ней током:

$$W_m = Li_L^2/2. \quad (2)$$

«В промежутке» между энергией катушки и силой тока в ней никакой ЭДС нет.

Поскольку энергия рассеивается не мгновенно, сохраняется и сила тока (т. е. катушка является не источником ЭДС, а источником тока). В момент времени $t = +0$ она остается равной I_0 . Ток катушки протекает через резистор R , создавая на нем **падение напряжения**, приложенное к катушке («плюс» – внизу, «минус» – вверху). Согласно формуле (1) этому напряжению соответствует отрицательная производная силы тока. Таким образом, фигурально выражаясь, мы имеем не «электродвижущую», а «электротормозящую» силу.

Модуль пика напряжения U_0 равен RI_0 .

Если сопротивление вдвое уменьшить, вдвое уменьшится и пик напряжения, а импульс растянется во времени, так как интеграл напряжения по времени должен сохраниться постоянным: согласно (1) имеем $\int_0^\infty u dt = LI_0$.

В сверхпроводящем контуре $R = 0$ и, следовательно, равно нулю падение напряжения. Поэтому сила тока не убывает.

Кстати сказать, в самом начале обычного объяснения рассматриваемого процесса есть еще одно темное место. Говорят: «После отключения источника питания сила тока катушки начинает уменьшаться», не разъясняя, почему это происходит. Но согласно формуле (1) производная силы тока катушки пропорциональна напряжению между ее выводами. Следовательно, необходимым условием убывания тока является падение напряжения на резисторе.

Причины появления описанного заблуждения достаточно ясны.

Во-первых, традиционно считается, будто во всех случаях напряжение (выступающее под псевдонимом «ЭДС») первично, а сила тока – вторична: $u \rightarrow i$. (В действительности это не так (см., например, [48, § 16])). Отсюда, полагают авторы, следует, что продолжение протекания тока после отключения источника питания требует обнаружения ЭДС – ею и оказывается ЭДС самоиндукции.

Во-вторых, в учебниках неполно описаны причинно-следственные отношения, соответствующие явлению самоиндукции. А именно, сначала описывают явление электромагнитной индукции. Говорят: если изменяется магнитное поле внутри катушки, то гальванометр, подключенный к ее выводам, показывает наличие электрического тока. Каким способом изменяется магнитное поле, безразлично (приводят примеры). Протекание тока вызвано появлением вихревого электрического поля в любом замкнутом контуре, охватывающем изменяющееся магнитное поле. Электродвижущую силу, соответствующую вихревому полю, называют «ЭДС индукции». ЭДС индукции E одиночного контура связана с изменением магнитного потока внутри контура простым соотношением:

$$E = - d\Phi / dt. \quad (3)$$

Обратим внимание на направление причинно-следственных отношений между E и $d\Phi/dt$, вытекающее из существующего описания. И словесная формулировка (если изменяется магнитное поле, то обнаруживается ЭДС индукции), и расположение переменных в формуле (3) – $d\Phi/dt$ справа от знака равенства (аргумент!), а E – слева (функция!) – построены так, что изменение магнитного поля первично, а ЭДС – вторично: $d\Phi/dt \rightarrow E$. Применительно к описанным экспериментам, в которых человек тем или иным способом изменяет магнитное поле, это справедливо. Затем переходят к явлению самоиндукции, утверждая, что ЭДС индукции (теперь – самоиндукции) зависит также и от магнитного поля того тока, который протекает в самой катушке. При этом направление причинно-следственных связей сохраняется **по умолчанию**: изменение магнитного поля первично, ЭДС самоиндукции – вторично.

Однако в случае самоиндукции оно может оказаться противоположным. Проще всего убедиться в этом на примере силового трансформатора. Электрические сети проектируют и строят так, чтобы подключение отдельных приемников практически не влияло на параметры напряжения (амплитуду и частоту). Поэтому напряжение u_1 первичной обмотки трансформатора оказывается «естественным аргументом», и направление причинно-следственных отношений изменяется на противоположное: $u_1 \rightarrow d\Phi/dt$.

Кстати сказать, непонимание возможности обращения причинно-следственных отношений приводит к неправильному выстраиванию их при описании принципа действия трансформатора в учебниках электрических машин и электротехники (см. [26, ч. 2, § 9; 27, § 2.11]).

9. Противоречия и пробелы

Для того чтобы убедительно рассказать людям о бессмысленности словосочетания «энергоинформационные взаимодействия», необходимо сначала объяснить, что обозначают словами *энергия* и *информация*. Как ни странно, выяснить это вряд ли удастся. В Физической энциклопедии (т. 5, 1998) есть подряд две статьи одного автора «Энергии сохранения закон» и «Энергия». В первой сказано, что энергия – «важнейшая физическая величина», во второй – что она – «общая количественная мера движения и взаимодействия всех видов материи». Однако эти дефиниции фактически ничего не стоят: узнать, что такое мера и физическая величина негде: в Физической энциклопедии таких статей нет. В Большой Советской энциклопедии сказано, что мера – философская категория, а меры (в метрологии) – средства измерений.

Р.Фейнман тоже не поможет: «Важно понимать, что физике сегодняшнего дня неизвестно, что такое энергия» [49, с. 78].

Не лучше обстоит дело и с термином *информация*. Так, в учебном пособии для средней школы читаем: «1.2. Что такое информация? Вопросительным знаком, завершающим заголовок этого пункта, мы удостоверяем, что точного ответ на поставленный вопрос не существует. <...> Информация является первичным и неопределимым в рамках науки понятием» [50, с. 17].

Подобных примеров можно привести сколько угодно. Остановлюсь еще на двух.

Попытаемся узнать, что такое электрический заряд, руководствуясь учебником для 10 класса [16]. Соответствующий параграф начинается так: «Со словами *электричество*, *электрический заряд*, *электрический ток* вы встречались много раз и успели к ним привыкнуть. Но попробуйте ответить на вопрос: «Что такое электрический заряд?» – и вы убедитесь, что это не так-то просто. Дело в том, что понятие заряд – это **основное, первичное** понятие, которое не сводится на современном уровне развития наших знаний к каким-либо более простым, элементарным понятиям». Из дальнейшего текста мы узнаем, что электрически взаимодействующие частицы «имеют электрический заряд», «обладают электрическим зарядом», «электрический заряд определяет интенсивность электромагнитных взаимодействий». И вдруг: «Введена новая **физическая величина** – электрический заряд. Нужно выбрать единицу этой величины», т. е. оказывается, что более общее понятие – ‘физическая величина’ – существует. Вся эта путаница вызвана тем, что термин *электрический заряд* авторы используют то в архаичном, то в современном значении, что, очевидно, недопустимо. Если не оставаться на уровне понимания XIX века, невозможно интерпретировать текст из Физического энциклопедического словаря (т. 5,

1966): «Вся совокупность электрических явлений понимается как проявление существования, движения и взаимодействия электрических зарядов».

Второй пример – понятие силы. В учебном пособии [51] читаем: «Силы предстают перед учащимися как **результат взаимодействия тел**» [с. 3]. «Основной задачей механики является изучение движения материальных тел **под действием сил** [с. 3]. **Величина**, являющаяся мерой механического взаимодействия тел, называется в механике силой» [с. 11]. «**Активное воздействие**, передаваемое от одного тела к другому, в результате которого происходит изменение движения, называется в механике силой» [с. 154]. Не более понятно объяснено значение термина *сила* в учебном пособии для студентов физических специальностей вузов: «Причиной изменения скорости является сила. <...> Силы не являются какими-то самостоятельными сущностями, независимыми от материальных тел. Они **создаются** материальными телами. Поэтому можно сказать, что посредством сил материальные тела действуют друг на друга, т. е. взаимодействуют. Сила при этом **выступает** как векторная количественная мера интенсивности взаимодействий» [52, с. 106].

М. Льюэци свидетельствует, что противоречия в физике – не редкость. Рассказав об одном из противоречий в сочинении Евклида, он замечает: «Читатель не должен удивляться этому противоречию. В истории физики противоречия часты, и ученые преодолевали их почти всегда так же, как Евклид, т. е. обходили молчанием» [53, с. 22].

Очевидно, противоречия и пробелы, наряду с сущностными ошибками, препятствуют формированию в сознании учащихся способности и стремления к научному пониманию, так что они тоже недопустимы в учебных текстах. Известны ли средства их преодоления? Да. Это – гуманитарные знания, в том числе теория определений. Воспользовавшись ею, мы, в частности, узнаем, что термин *энергия* используют в трех значениях, а термин *сила* – в *четырёх* [26, ч. 2, § 3, § 4] и сможем договориться о ликвидации многозначности. Аналогично необходимо принять решение о применении термина *электрический заряд* для обозначения только физической величины. Как правильно использовать термин *информация*, тоже достаточно ясно, но он сейчас так заезжен, что необходим тщательный анализ [54].

10. Научная работа и преподавание

Среди цитированных мной авторов многие – видные ученые. Возникает вопрос: почему в своей научной работе они не проходили мимо ошибок и заблуждений предшественников, а при написании учебных или научно-популярных книг не обращали на них внимания? Ответ, по-моему, очевиден: потому, что в общественном сознании написание учебных текстов научной работой не признается.

Вообще преподавание в высшей школе традиционно рассматривают как побочный продукт научной работы. Пишут об этом давно, но безрезультатно. Так, например, в 1961 году в «Известиях» В. Богданов и Э. Идельсон опубликовали статью, главная мысль которой состояла в следующем: «В некоторых вузах, в том числе в Московском университете, до сих пор имеет хождение нелепая в наших условиях средневековая теория: ”Знаешь предмет – можешь учить”» [55]. Прошла треть века. В монографии ректора Московского университета В.А.Садовниченко с соавторами читаем: «Практически все преподаватели МГУ – преподаватели-самоучки. Как это может быть? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно еще раз посмотреть, на основе каких критериев выпускник аспирантуры отбирается для работы в университете, в частности для преподавательской работы. Главным критерием являются его успехи в исследовательской работе, его научные успехи. В то же время его способность к преподаванию, желание (или нежелание) заниматься педагогическим ремеслом, умение или неумение объяснять – все эти понятия в расчет, как правило, не берутся и в число имеющих значения критериев не входят. И не могут войти, так как в Московском университете нет системы подготовки педагогических кадров для своих потребностей или для удовлетворения потребностей других вузов, нет системы проверки на профессиональную пригодность и нет сколько-нибудь заметного желания такую систему создавать» [56, с. 261].

Насколько неэффективны попытки модернизировать образование на основе только административных решений (без научной проработки проблем) видно на примере США.

После запуска в СССР первого в мире искусственного спутника Земли руководители США поняли, что нехватка специалистов обусловлена недостатками образования и пытались принять чрезвычайные меры. Так, в 1958 году был принят «Закон об образовании в интересах обороны», а в 1983 году появился нашумевший доклад министра образования «Нация в опасности» [57, с. 40]. В докладе есть такие строки: «Позиции Америки в мире могли быть в прошлом достаточно прочными при наличии немногих исключительно хорошо подготовленных мужчин и женщин, отныне это не так. Только чтобы удержать и улучшить ту узкую сферу, в которой мы конкурентоспособны на мировых рынках, нам следует посвятить себя реформированию нашей системы образования в интересах всех». [58, с. 11]. Но это еще далеко не все. «Одиннадцать лет назад, - сказано в докладе комиссии

Гленна (2000 г.) – государственные мужи собрались в Шарлоттенвилле (Вирджиния), чтобы установить цели, к которым должно идти развитие нашей школы. Среди этих целей была следующая: «К 2000 г. учащиеся Соединенных Штатов Америки будут первыми в мире по математике и естественным наукам» [59, с. 145]. Каков результат этих усилий, видно из следующих фактов. В 1999 г. министр образования США создал упомянутую комиссию под председательством Джона Гленна, космонавта, первым из американцев облетевшим вокруг Земли, впоследствии сенатора. Через год комиссия представила доклад [59] (обратим внимание на его название!). В нем, в частности, сказано: «Наши дети отстают; они просто «не на уровне», когда речь идет о математике и естественных науках» [с. 136]. Очень любопытен один из советов комиссии: «Высококачественное обучение требует от учителя глубокого знания своего предмета. И этому не может быть альтернативы» (!) [с. 165]. Но и это еще не все. Через две недели после вступления в должность президент Джордж Буш (младший) опубликовал проект [60]. Первое предложение звучит так: «Реформа образования будет основным направлением деятельности моего правительства» [с. 213]. А о текущем качестве образования можно судить по следующему факту: «Сегодня, согласно результатам государственных экзаменов по чтению, почти 70 процентов детей, живущих в старых районах городов, по окончании четвертого класса не обладают даже элементарными навыками чтения» [с. 215].

Кстати сказать, о возможности кризиса образования еще в 30-е годы XX столетия предупреждал американский исследователь А.Кожибский. Он писал об опасности появления интеллектуальной заторможенности и предупреждал, что без совершенствования преподавания математики и физики американскому и другим народам грозит эпидемия шизофрении, развивающейся в тех областях мозга, которые управляют речью, ввиду отсутствия синхронности в эволюции реальности и социальных условий, с одной стороны, и языка – с другой. Без глубокой семантической революции язык может полностью утратить функцию средства адаптации [61, с. 270].

Много внимания проблемам образования уделял П.Л Капица [10]. К сожалению, в его высказываниях встречаются противоречия. Так с одной стороны, он утверждал, что когда автор учебника – ученый освещает экспериментальные исследования, «он уделяет внимание этому вопросу в тех частях учебника, которые касаются областей, над которыми он сам работал» [10, с. 228] и что «студенты лучше знают, шире знают вопросы физики, чем преподаватель. Преподаватель, как специалист, подходит узко, у него нет широкого подхода» [10, с. 255]. С другой стороны, П.Л.Капица был убежден, что «в высших учебных заведениях должна быть такая система, чтобы она основывалась на ученых, которые небольшую часть своего времени занимаются педагогической деятельностью» [10, с. 257].

С этими высказываниями П.Л.Капицы перекликается недавний материал в «Учительской газете». Г.Тарасевич рассказал, что по инициативе и под руководством Ю.В.Рождественского, заведующего одной из филологических кафедр МГУ, при участии ученых других кафедр создается словарь-тезаурус школьных знаний (по предметно). Оказалось, что, «как это ни странно, гуманитарные дисциплины удалось систематизировать относительно легко. Некоторые задержки возникли с естественными предметами, особенно с физикой и химией. По мнению Юрия Рождественского, наука на уровне школы требует гораздо большей систематичности, чем наука на академическом уровне. Ученый может спокойно работать, оставаясь в рамках своей узкой темы, а бедолаге-школьнику нужно не только запомнить колоссальное количество информации, но и структурировать ее в логическую систему. Именно поэтому возникли трудности у университетских профессоров, которые, несмотря на свой высочайший уровень, не смогли разработать некоторые разделы тезауруса» [62].

Возникает вопрос: возможно ли преодолеть эти противоречия?

Да, если понять, что неправильно считать, будто всем преподавателям технического университета или вуза должны быть присущи одинаковые качества. В частности, будто основную (или хотя бы значительную) часть своего времени все они должны тратить на развитие какие-то новых научных направлений и лишь небольшую ее часть заниматься деятельностью, связанной с преподаванием. Дело в том, что качества лиц, преподающих на младших и на старших курсах, должны быть различны. Начнем со вторых.

Не требует доказательства утверждение, что профессионала может подготовить только профессионал. Поэтому читать лекции и проводить семинары по спецдисциплинам, руководить преддипломной практикой, дипломным проектированием и выполнением магистерских диссертаций должны лица, непосредственно работающие в данной или очень близкой области.

Совсем иная роль преподавателей общенучных и общетехнических кафедр. Они должны уметь обнаруживать и устранять ошибки и другие дефекты, выстраивать непротиворечивую систему понятий, разрабатывать междисциплинарные связи, лаконично и понятно излагать огромный материал, накапливавшийся столетиями, и готовить студентов к восприятию материала последующих курсов. После окончания института или аспирантуры будущий преподаватель должен, конечно, приобрести реальный опыт практической работы. Однако, начав преподавать, ему следует отказаться от прежней научной работы: хорошо известно, что увлеченный чем-то человек думает о своем увлечении круглые сутки – и у него не останется ни времени, ни сил для того, чтобы работать над педагогическими проблемами. Преподаватели общенаучных и

общетехнических кафедр должны заниматься научной работой, но не любой, а научной работой по проблемам образования, в первую очередь – совершенствовать свои дисциплины (работы здесь, как мы видели – непочатый край). Характер этой работы существенно отличается от характера обычной научной работы. Ее методологическим базисом служат знания, произведенные теми гуманитарными науками, предметом которых является мышление и язык человека: психологией, диалектикой, логикой, теорией определений, семиотикой, лингвистикой и терминоведением [26, 27, 48]. Опасение, что преподаватели «отстанут» от развития науки в той области, которую они преподают, безосновательно. Имея опыт научной или проектной работы, они смогут знакомиться с новинками по литературе, участвуя в семинарах и т. п. [63].

Заключение

В конце XIX века появились названия **«экспериментальная физика»** и **«теоретическая физика»**. Произошло это потому, что техника эксперимента сильно усложнилась и теоретики лишились возможности сами проверять свои результаты [10, с. 178]. Несколько позже в связи с развитием нового направления научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности – созданием очень сложных измерительных приборов и установок [10, с. 215] – возникло название **«приборная (инструментальная) физика»**.

Еще одно направление работы в физике менее известно, но также имеет важное значение. Постоянно производится научная информация столь большого объема, что познакомиться с ней по оригинальным статьям могут только узкие специалисты в каждой области. Выручают те ученые, которые способны писать обзоры и монографии, доступные широкому кругу специалистов. Это не каждому дано. Например, известно: «Несмотря на то, что Ландау был прекрасным докладчиком, ему плохо удавалось излагать научные работы в письменном виде» [10, с. 384]). Аналогично П.Эренфест, «который с такой видимой легкостью, доходчивостью и блеском выступал в качестве лектора и докладчика, затрачивал много усилий, чтобы написать статью. Наверное, этим и объясняется то, что Эренфест не писал учебников и монографий" [64, с. 90]. Создание обзоров и монографий – самостоятельное направление научной работы, называемое **«информационной физикой»**.

Наконец, в связи с появлением высокопроизводительных компьютеров обнаружилась возможность из первых принципов выводить качественно новые результаты в процессе выполнения вычислений огромного объема. Данное направление получило название **«вычислительная физика»**.

Думается, что разработка учебных текстов, которые, наряду с другими достоинствами, свободны от сущностных ошибок, противоречий и пробелов, с выраженными междисциплинарными связями – задача не менее важная и сложная, чем написание высококачественных обзоров и монографий. Поэтому ее следует рассматривать как самостоятельный вид научной работы. Для того чтобы привлечь к нему внимание общественности, целесообразно присвоить этому направлению название. Еще Ампер писал: «И если даже наука ... едва намечен, необходимо присвоить ей имя и тем самым привлечь к ней внимание людей, способных дать ей все то развитие, которое она допускает» (цит. по [74, с. 16]). То же самое утверждал выдающийся французский историк Марк Блок: «Появление слова – это всегда значительный факт, даже если сам предмет уже существовал прежде; он отмечает, что наступил решающий период осознания» [65, с. 95]. Полагаю, что присвоение названия **«образовательная физика»** будет способствовать осознанию общественностью важнейшей роли деятельности по созданию безупречных во всех отношениях учебных и научно-популярных книг, что является **необходимым условием** формирования в сознании учащихся способности и стремления к научному пониманию. Без этого невозможно преодолеть функциональную неграмотность, профессиональную некомпетентность и отзывчивость к лженауке и мистицизму.

Список литературы

1. Тангян С.А. Новая неграмотность в развитых странах// Сов. Педагогика, 1990, № 1. – С. 3 – 17.
2. Кеннеди П. Вступая в двадцать первый век. - М.: Весь мир, 1997 – 480 с.
3. Сноу Ч.П. Две культуры. - М.: Прогресс, 1973. - 141 с.
4. Толчин В. Инерциод. Силы инерции как источник поступательного движения. - Пермь: Пермское книжн. Изд-во, 1977. – 101 с.
5. Ощепков П.К. Жизнь и мечта - М.: Моск. рабочий, 1984. – 320 с.
6. Витко А.В. Полет в аспектах науки. - М.: Изд-во МАИ, 1998. – 447 с.
7. Кругляков Э.П. «Ученые» с большой дороги. - М.: Наука, 2001. – 320 с.
8. Кумбс Ф.Г. Кризис образования в современном мире. Системный анализ. - М.: Прогресс, 1970. – 261 с.
9. Де Оливейро Лима Л. Обучение архаическое и творческое. - Перспективы, 1984, № 1. – С. 13 – 26.
10. Капица П.Л. Эксперимент. Теория. Практика. - М.: Наука, 1987.- 496 с.
11. Григорьев В.И., Мякишев Г.Я. Силы в природе. - М.: Наука, 1969. 415 с.
12. Перышкин А.В. Физика: Учеб. Для 7 кл. - М.: Дрофа, 2001. – 192 с.

13. Хайкин С.Э. Физические основы механики. - М.; Наука, 1973. – 752 с.
14. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Физика: Учеб. Для 9 кл. ср. шк. – М.: Просвещение, 1990. – 191 с.
15. Шахмаев Н.М., Шахмаев С.Н., Шодиев Д.Ш. Физика: Учеб. Для 9 кл. ср. шк. - М.: Просвещение, 1992. – 240 с.
16. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Физика: Учеб. Для 10 кл. - М.: Просвещение, 2001. – 240 с.
17. Роджерс Э. Физика для любознательных. Т. 1. - М.: Мир, 1969 – 231 с.
18. Джанколи Д. Физика. Т. 1. - М.: Мир, 1989. – 656 с.
19. Купер Л. Физика для всех. Т.1. - М.: Мир, 1973. – 480 с.
20. Кирпичев В.Л. Беседы о механике. - СПб, 1907. – 371 с.
21. Кирпичев В.Л. Беседы о механике. - Л.: ГИТТЛ, 1951. – 360 с.
22. Зоммерфельд А. Механика. - М. – ИИЛ, 1947. – 392 с.
23. Гончаревич И.Ф. На гребне волны: Способы перемещения в природе и технике. - М.: Наука, 1989. – 472 с.
24. Кирпичев Лев. Начала механики: Заметки. - СПб, 1889. – 472 с.
25. Гомоюнов К.К. Причина или условие? // Методика и практика преподавания в техническом вузе: Науч-метод.Сб. – Л.: ЛПИ, 1985. – С. 123 – 129.
26. Гомоюнов К.К. Совершенствование преподавания общенаучных и технических дисциплин: Методологические аспекты анализа и построения учебных текстов. Изд.2-е, перераб. и доп. - СПб.: Изд-во СПбГУ, 1993 – 252 с.
27. Гомоюнов К.К. Врачевание знаний. По страницам учебников физики: Учеб. пособие. - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1996. - 128 с.
28. Ушинский К.Д. Избранные педагогические произведения. Т. 1 - М.: Учпедгиз, 1953.- 639 с.
29. Кобушкин В.К. Некоторые вопросы элементарной физики: Учеб. пособие.- Л.: Изд-во ЛИТМО, 1982. – 148 с.
30. Гиндикин С.Г. Рассказы о физиках и математиках. - М.: Наука, 1982. – 192 с.
31. Мах Э. Механика: Историко-критический очерк ее развития. - СПб, 1909. – 448 с.
32. Энгельс Ф. Диалектика природы. - М.: Политиздат, 1987. – 349 с.
33. Тюлина И.А., Ракчеев Е.Н. История механики: Учеб. пособие. - М.: Мзд-во МГУ, 1962. – 228 с.
34. Григорьян А.Т. Механика от античности до наших дней. - М.: Наука, 1974. – 480 с.
35. Кудрявцев П.С. Закон сохранения энергии // Очерки развития основных физических идей. М.: Изд-во АН СССР, 1959. – С. 218 – 228.

36. Крылов А.Н. Мысли и материалы о преподавании механики. - М.: Изд-во АН СССР, 1943. – 75 с.
37. Николаи Е.Л. О принципе Даламбера и о силах инерции // Тр. Ленинградского индустриального и-та, 1936, № 6. – С. 3 – 10.
38. Николаи Е.Л. Труды по механике. - М.: ГИТТЛ, 1955. – С. 407 – 418.
39. Харламов П.В. Основания механики Ньютона: Препринт № 250 - М.: И-т проблем механики АН СССР, 1985. – 122 с.
40. Харламов П.В. Понятие силы в механике Ньютона // Механика твердого тела, 1988, вып. 20. - С. 46 – 67.
41. Харламов П.В. Почему спорят механики об основаниях своей науки? // Исследования по истории физики и, 1989. - М.: Наука, 1989. – С. 186 – 204.
42. Харламов П.В. Разномыслие в механике: Препринт № 93.01. - Донецк: И-т прикладной математики и механики АН Украины, 1993. – 100 с.
43. Харкевич А.А. Электромеханические аналогии. // Журнал технической физики, 1931. Т. 1. Вып. 1 – 2. – С. – 136 – 158.
44. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики: Учебник Т. II. – Динамика. - М.: Наука, 1985. – 496 с.
45. Гомоюнов К.К. Методологические аспекты моделирования динамических систем // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного технического университета, 1999, № 4. С.20 – 26.
46. Сивухин Д.В. Электричество: Учеб. пособие. - М.: Наука, 1983. - 688 с.
47. Калашников С.Г. Электричество: Учеб. пособие - М.: Наука, 1985. – 668 с.
48. Гомоюнов К. К. Совершенствование преподавания технических дисциплин: Методологические аспекты анализа учебных текстов. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. – 206 с.
49. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 1. – М.: Мир, 1965. – 266 с.
50. Шафрин Ю.А. Основы компьютерной технологии. - М.: АБФ, 1998. – 656 с.
51. Космодемьянский А.А. Курс теоретической механики Ч.1. - М.: Просвещение, 1965. – 539 с.
52. Матвев А.Н. Механика и теория относительности. - М.: Высш. шк., 1986. – 320 с.
53. Льюис М. История физики. - М.: Мир, 1970. – 464 с.
54. Гомоюнов К.К. Что такое информация? // Доклады VIII Акад. Чтений МАН ВШ. М, 2002. – С. 52 – 58.
55. Богданов В., Идельсон Э. Как учить? // Известия, 1961, 25 мая.

56. Садовничий В.А., Белокурв В.В., Сушко В.Г., Шикин Е.В. Университетское образование: приглашение к размышлению. - М.: Изд-во МГУ, 1995.- 352 С.
57. Федоров И.В. Эволюция системы инженерного образования в новом тысячелетии: проблемы и тенденции развития // Известия Международной академии наук высшей школы, 2002. № 4 – С.35 – 41
58. Тангян С.А. Приоритет образования сегодня – требование XXI века // Сов. Педагогика, 1991, № 6. – С. 3 – 13.
59. Пока еще не слишком поздно: Доклад Национальной комиссии Соединенных Штатов Америки по преподаванию математики и естественных наук в 21-м веке. 27 сентября 2000 г. // Образование, которое мы можем потерять: Сборник / Под общ. ред. В А Садовниченко. – М.: Изд-во МГУ, 2002)
60. Равные возможности для всех детей: Проект программы реформы образования Президента США Джоржа Буша // Там же. - С.213 – 248.
61. Башляр Г. Новый рационализм. - М.: Прогресс, 1987. – 376 с.
62. Тарасевич Г. Учительская газета, 1996, 9 апр. - С. 18.
63. Гомоюнов К.К. Какой преподаватель нужен вузу? // Алма матер, 1996, № 3. – С 16 – 19.
64. Френкель В.Я. Пауль Эренфест. – М.:Атомиздат, 1977. – 192 с.
65. Блок М. Апология истории, или Ремесло историка. - М.: Наука, 1986. – 256 с.
66. Гомоюнов К.К. Кризис образования в мире и одна из его причин // Известия Международной академии наук высшей школы, 2003, № 4. - С. 104 – 112.
67. Пальмов В.А. О статье К.К.Гомоюнова «Трехвековое заблуждение в преподавании основ механики» // Научно-технические ведомости СПбГТУ, 2004, № 4. – С. 99 – 109.
68. Поляхов Н.Н., Зегжда С.А., Юшков М.П. Теоретическая механика: Учеб. пособие. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1985. – 560 с.
69. Гомоюнов К.К. Транзисторные цепи. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 240 с.
70. Ленин В.И. Полн. собр. соч. Т. 29.
71. Арно А.,Николь П. Логика, или Искусство мыслить. - М.: наука, 1991. – 415 с.
72. Шеллинг Ф.В.Й. Идеи к философии природы как введение в изучение этой науки. – СПб.: Наука, 1998. – 518 с.
73. Лавуазье А.Л. Начальный учебник химии // Жизнь науки. – М.: Наука, 1973. – С. 224 - 232.
74. Поваров Г.Н. Ампер и кибернетика. – М.: Сов. радио, 1977. – 96 с.
75. Ньютон И. Математические начала натуральной философии // Крылов А.Н. Собрание трудов. Т. VII. – М – Л. : Изд-во АН СССР, 1936.
76. Седов Л.И. Размышления о науке и ученых. – М.: Наука, 1980. – 440 с.

77. Борн М. Эйнштейновская теория относительности. Б.: Мир, 1972. - 368 с.
78. Мигдал А.В. Как рождаются физические теории. – М.: Педагогика, 1984. – 128 с.
79. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. – М.: Наука, 1965. – 328 с.
80. Дородницын А.А. Математика и описательные науки // Число и мысль. Сборник. – М.: Знание, 1997. – С. 13 – 21.