

К статье О.Е. Кириллова Мифы физики, как предмета преподавания

Текст статьи: [Мифы_физики.pdf](#) (231.4 kB)

Трудно не согласится с намерениями автора: *«Процесс преподавания это всегда компромисс: между простотой, наглядностью изложения и строгостью. Особенно это заметно при преподавании физики, как чрезвычайно объемной дисциплины. Упрощение таит в себе, по крайней мере, одну опасность, - искажение. Такое состояние автор называет мифом, то есть некоторые сведения почти правильные по сути, переходящие из учебника в учебник и поэтому приобретающие налет очевидных истин, безусловных истин. В статье приводятся примеры некоторых мифов, устоявшихся при преподавании физики.»*

Действительно, при беглом прочтении может создаться впечатление, что автор в основном свою задачу выполнил, хотя некоторые утверждения и терминология не могут не показаться странными. Далее, при попытке осмыслить, что же предлагается в качестве «мифов» выясняется, что примеры «мифов» либо на собственном прочтении источников, либо «мифы» сконструированы автором из ничего и автор пытается опровергнуть хорошо известные определения и результаты наивными и негодными средствами. Автор навязывает утверждения, говорящие, мягко говоря, о неосведомленности автора.

Рассмотрим каждый пример по возможности подробно. Мы не сохранили авторский порядок изложения.

«2.7. Миф о силовых линиях магнитного поля .(Упомянут в [18]- Николаев В.И. О дидактических достоинствах курса физики. Физическое образование в вузах. Т.12, No2, 2006, С. 8-14.). Миф связан со смешением понятий и использование аналогии по инерции. Дело в том, что для любого векторного поля можно ввести понятие линии поля,- линии, касательная к которой совпадает с вектором, определяющим поле. Для электрического поля,- это линии вектора напряженности, для магнитного поля,- линии вектора индукции B . Далее, электрический заряд q , оказавшись в электрическом поле, испытывает действие силы , вызванной полем. Сила эта, как видно, направлена по той же касательной к линии поля, что и напряженность и поэтому в этом случае линию электрического поля можно назвать силовой линией электрического поля. Если же электрический заряд движется в магнитном поле, то на него действует сила, которая перпендикулярна и скорости u , что главное, вектору B , то есть касательной к

линии магнитного поля. Таким образом, в случае магнитного поля линии поля нельзя называть силовыми линиями. Однако это имеется чуть ли не во всех учебниках (я не нашел где этого нет!). И, в общем-то, понятно, почему так случилось,- железные опилки во всем виноваты(!),- как маленькие магнетики они выстраиваются вот по этим самым линиям вектора B , «точно так же», как электрические диполи выстраиваются по линиям вектора E .»

Это похоже на требование исправить все учебники начиная с Фарадея. Как-то становится обидно за все учебники. На самом деле есть симметрия по силовым полям в уравнениях Максвелла, и она останется даже если смотреть на уравнения одним глазом.

Казалось, нет нужды тут что-то доказывать, но можно кратко представить историю вопроса и современное состояние дел, пожалуй, необходимо. Фарадей ввел эти силовые линии и довольно подробно объяснил, почему они силовые. К сожалению, его труды нуждались в расшифровке (Фарадей был химиком и описывал свою модель словесно). К счастью, Максвелл расшифровал записи и как один из результатов получил тензор натяжений, в котором натяжения магнитного и электрического поля входят совершенно симметрично. В современной электродинамике это тензор сохранился, иногда его называют тензором Фарадея-Максвелла. Его релятивистское обобщение – 4-тензор энергии-импульса.

Далее, электродинамика симметрична относительно силы Лоренца. У Зоммерфельда (Электродинамика) приведен вывод как обычной силы Лоренца, так и его магнитного аналога. Отсутствие магнитных зарядов не делает магнитную силу Лоренца бесполезной. Часто вводится в приложениях магнитный заряд.

И наконец, идеи Фарадея на современном языке выражены теории пондеромоторных сил (сил действующих на тела) выражения для которых можно найти во многих книгах, и опять же магнитные и электрические силовые поля входят совершенно симметрично, что, разумеется, следует из тензора натяжений Максвелла.

Забавно. что примером силового действия магнитного поля являются те самые опилки из школьного учебника. О чем следует пожалеть, что в курсах общей физики пондеромоторным силам уделяется мало внимания. В конце концов электромеханические работают именно благодаря этим силам. Простой пример – электромотор. Тут есть настоящий миф о том, что в электромоторе действует сила Лоренца, если проводники якоря электромотора лежат в пазах (как обычно), то силовая нагрузка на проводники минимальна. За счет этого достигаются большие силовые моменты, чем без магнитного сердечника. Это уже ближе к технике и

читать надо скорее электродинамику для электротехников. Тут можно рекомендовать Миткевича «ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ». Кстати интересная и поучительная книга, особенно для инженеров, несмотря на то, что автор был противником специальной теории относительности.

Парамагнетики и диэлектрики ведут себя совершенно одинаково в магнитном и электрическом поле - втягиваются в зону с более сильным полем. Но есть еще и диамагнетики. Они наоборот выталкиваются из зоны с большей напряженностью магнитных силовых линий. диамагнитная



Рис. 1. Слева левитация карандашного грифеля над **силовым** магнитным полем. Справа левитирующая лягушка, за которую Андрей Гейм получил нобелевскую премию.

Следующее утверждение автора выглядит не менее странным:

«2.9. Миф о том, что Луна обращается около Земли, то есть является ее спутником. (Где-то упомянут, помню в студенчестве прочитал об этом, но теперь только нашел [20] и ошибочную критику этого [Does the Moon Always Fall Towards the Sun? Kirk T. McDonald] (почему ошибочная, смотрите в комментариях обсуждения статьи «Мифы физики-2, как предмета преподавания» на Physics-Online.ru). Давайте выработаем критерий того, что одно космическое тело является спутником другого космического тела, спутником в узком смысле: обращается около другого космического тела. А то, знаете ли, что Луна всходит и заходит перед нашими глазами, - это шаткий критерий,- вспомните геоцентрическую систему Птолемея, по которой Солнце было спутником Земли. Напрашивается два критерия: один силовой, другой кинематический. Силовой критерий: тело вращается около того тела, которое

сильнее притягивает. И вот тут, если посчитать силы, с которыми Луну притягивает Земля и Солнце обнаружится интересный факт: Солнце притягивает Луну в 2,2 раза сильнее, чем Земля! Выливается это еще и в то, что вектор результирующего ускорения тела все время имеет составляющую, направленную к Солнцу, то есть оно всегда Солнце стремительное, но не всегда Землестремительное. В [20] это образно называется: Луна всегда падает на Солнце! Кинематический критерий: траектория спутника планеты относительно Солнца должна иметь самопересечения. В качестве примера посмотрим рис. 5 и рис. 6, на которых изображены траектории планеты (зеленым) и ее спутника (красным), причем масштаб траектории спутника увеличен. На Рис. 5 изображены траектории Юпитера и его спутника Каллисто. Траектория спутника, – кривая со значительным самопересечением, что и не удивительно: период Каллисто относительно Юпитера меньше юпитерианского года в 258 раз. А вот Рис. 6, – траектории Земли и Луны. Обратите внимание: траектория Луны очень гладкая, что тоже не удивительно: период Луны относительно Земли всего лишь в 13 раз меньше земного года. Луна и впрямь вращается около Солнца (падает на Солнце!), а не около Земли, но на это движение сильно влияет Земля. Таким образом, систему Земля - Луна правильнее называть двойной планетной системой, обращающейся около Солнца.»

Тут совсем не наужено обращаться к работам К. Мак Дональда, хотя его методические работы, несомненно, заслуживают внимания <http://www.phy.princeton.edu/~kirkmcd/examples/>. Нет нужды искать ошибку. Просто обратимся к классике. В 1772 математика Жозефа Луи Лагранжа году обнаружил в системе из двух массивных тел, точки либрации, в которых третье тело с пренебрежимо малой массой, на которое не действуют никакие другие силы, кроме гравитационных сил со стороны двух первых тел, может оставаться неподвижным относительно этих тел.

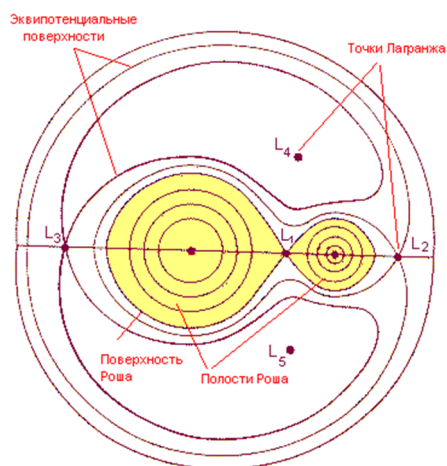


Рис. 2. Полость Роша — область вокруг небесного тела в двойной системе, границей которой служит эквипотенциальная поверхность, содержащая первую точку Лагранжа L1. В системе координат, вращающейся вместе с двумя небесными телами, для пробного тела, находящегося в этой области, притяжение тела, находящейся в полости Роша, преобладает и над притяжением тела-компаньона, и над центробежной силой.

Все данные известны точка либрации Солнце - Земля L_1 находится примерно в 1 500 000 км от Земли. Там сейчас «висит» спутник для наблюдения за солнцем. Радиус орбиты Луны 400 000 км.

Рекомендую книгу Белецкого "Очерки движения небесных тел".
<download/file.php?id=603>. В свое время восторженная рецензия Зельдовича на эту книгу была опубликована в УФН. <http://ufn.ru/ru/articles/1974/3/g/>

Кириллов писал: «2.2. Миф о течении газа в сужающемся канале состоит в том, что скорость этого газа растёт. Да, растёт, если она дозвуковая, причем растёт асимптотически до скорости звука (не более), если же она сверхзвуковая, то она убывает [5, с.116],- проявляется сжимаемость.»

Этот "миф" похоже придуман автором, дабы иметь возможность проявить «эрудицию». В курсах общей физики начиная с Хвольсона при выводе, например закона Бернулли, оговаривается несжимаемость жидкости или, см. например С. Э. Фоиш и А. В. Тиморева Курс общей физики т.1 1962:
"Рассматривая движение жидкости, в большинстве случаев можно с достаточной степенью приближения считать жидкость абсолютно несжимаемой и полагать, что перемещение в ней одних слоев относительно других не связано с возникновением сил трения (отсутствует внутреннее трение, или вязкость). Такая абсолютно несжимаемая и абсолютно невязкая жидкость называется идеальной. „Идеальная жидкость" служит лишь более или менее хорошим приближением к реальным жидкостям."

Еще, например, пример Савельев Курс общей физики т.1. и др

Следующий «миф»

«2.5. Миф о вязкости газа. В простейшем варианте вязкость,- это явление, обусловленное переносом импульса молекул поперек скорости течения. Но вязкость проявляется и по потоку, а не только поперек. Из-за этого происходит

торможение одномерного (сдвиг слоев отсутствует!) течения сверхзвукового газа и его переход к дозвуковому, известный как скачок уплотнения.»

Тут налицо, возможно, непонимание, того что

1. Ударная волна - адиабатический процесс. Соответственно потери, в основном, определяются "ударной адиабатой", показатель степени которой отличается от показателя обычной адиабаты. Вязкость тут не причем.

2. В ударной волне, как и в **любой** продольной волне, имеется сдвиг. Именно благодаря такому сдвигу и вязкости акустические волны затухают.

По этому пункту можно сослаться на любой курс акустики (Липендин, Скучик или монография Бергмана).

Строго см. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц т. VI, § 79. Поглощение звука

Также см. попроще: Липендин Акустика: § VIII.2. Поглощение энергии упругих волн в вязких и теплопроводных жидкостях *«Из этого выражения следует, что в реальных жидкостях полный коэффициент поглощения α упругих волн состоит из суммы коэффициентов поглощения, определяемых сдвиговой вязкостью»*. Ни о какой продольной вязкости речи нет.

И наглядно:

Как получается, что при продольном движении всех точек к волне появляется сдвиг элемента упругой волны? Это иногда иллюстрируется следующими картинками. Выберем

элемент в виде кубика повернутого на 45° к волновому вектору сжатие



или

растяжение



приводит к сдвиговой деформации в наклонной (45°) плоскости.

«2.10. Миф о невозможности безреактивного вращения. Миф о невозможности безреактивного вращения. (Идея заимствована в [3])». Автор заимствовал идею некой конструкции у изобретателя инерциоидов («безреактивного движения») [Бутова С.В.](#) Уже само название не может не вызывать протеста, сразу вспоминаются 60-е годы и волна простеньких устройств «опровергающие» законы сохранения. И сейчас это волна не затихала к сожалению.

Однако рассматриваемое устройство вполне «работоспособно». Действительно путем перемещения грузов создается видимость вращения. Дабы не загромождать текст. Проиллюстрируем возможность поворота без вращения.

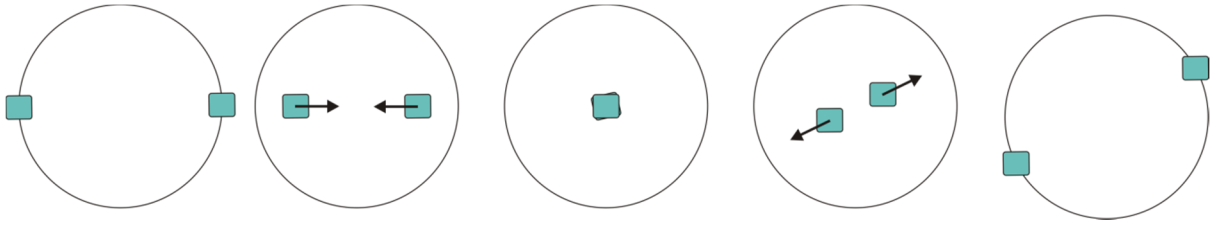


Рис. 3. Последовательность поступательных перемещений грузов содает видимость вращения.

Говорить о вращении в этом и подобных случаях недопустимо.

«2.3. Но, по-видимому, самый распространенный миф, – это миф о невозможности поперечных волн в жидкости или газе....»

Утверждение если не лженаучное, но по крайней мере нелепое. Автор предлагает следующий пример. *«Известно из экспериментов и численных решений существование вихревых дорожек, в частности дорожка Кармана [7, 8] (Рис.1), то есть, классическая поперечная волна, как электромагнитная, даже два вектора есть взаимно перпендикулярные и перпендикулярные скорости распространения: скорость частиц V и завихренность $\Omega = \text{rot } V$ и совершают они синхронно колебания в этой вихревой дорожке.»*

Здесь спутаны, намеренно или по неведению, понятия течение и волновое движение. Напомним.

В жидкости недиагональные элементы тензора натяжений равны нулю и единственный тип волн возможный в жидкости - продольные волны. (Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Т. VI. Гидродинамика.)

«§ 64. Звуковые волны

Переходя к изучению движения сжимаемой жидкости (или газа), мы начнем с исследования малых колебаний в ней; колебательное движение с малыми амплитудами в сжимаемой жидкости называют звуковыми волнами. В каждом месте жидкости в звуковой волне происходят попеременные сжатия и разрежения.»

Дополнительно о поперечных волнах см. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Т. VII. Теория упругости. § 22. Упругие волны в изотропной среде. Напомним.

Определения

Волна сжатия (продольная) направление движения частиц среды совпадает с

волновым вектором.

Поперечные волны или волны искажения, такие когда (малые) смещения среды перпендикулярны волновому вектору.

Кроме того

Большой класс волн не является ни продольными, ни поперечными. Это волны в ограниченных средах, полупространстве стержнях и пластинах. Например гравитационные и капиллярные волны на поверхности жидкости. Рэлеевские волны на упругой поверхности. тут частицы среды совершают эллипсоидальные движения.

Правда в упругих стержнях и пластинах могут существовать продольные и поперечные волны, например в круглых стержнях существуют (поперечные) крутильные колебания.

Наконец самое забавное и поучительное заблуждение О. Кириллова, которое он поместил на первое место. Вот этот продукт глубокомыслия:

«2.1. Миф о втором законе Ньютона. Причем их два. Первый больше относится к средней школе, чем к высшей и состоит в том, что Ньютон сформулировал свой закон в форме

$$F = ma \quad (1)$$

На самом деле Ньютон так не формулировал свой второй закон....

.....

$$dp/dt = F \quad (2) \text{ »}$$

Последняя запись эквивалентна (1) в случае постоянной массы, но принципиально неэквивалентна при нарушении этого условия. То есть, например, реактивное движение описывать необходимо именно используя (2), но не (1)».

Все это верно с точностью до наоборот. На самом деле (1) верно в нерелятивистской динамике всегда, в том числе и для динамики точки переменной массы. Второе применять к движению тел с переменной массой нельзя. Очевидно, что предаваемое автором определение силы для тел с переменной массой просто не верно, что можно проиллюстрировать формулой для постоянной скорости

$$F = \frac{dp}{dt} = v \frac{dm}{dt} .$$

Изменение масс тела само по себе не может привести к изменению скорости. Так тележка с протекающим (строго вниз) баком должна тормозиться по мере истечения воды... т. е. противоречит "аксиоме" - "баба с возу кобыле легче".

Дальнейшие рассуждения уводят автора в область гидромеханики и остается неясным для чего упоминается задача Коши и пр. (если это только не попытка придания научности тексту) и причем тут второй закон Ньютона. И кто тут миротворец? Может это просто автор решил огорошить читателя сведениями о зависимости силы сопротивления от скорости в вязкой жидкости и существуют сложные задачи? В курсах физики (см. например Зоммерфельд «Механика деформируемых сред») авторы понимают, что закон Ньютона №2 применим только для малого элемента среды, но объекты (солитоны, изолированные вихри) ведут себя «не по-ньютоновски». Если это статья методическая, то было бы поучительно рассказать про это, а не перечислять уравнения без каких либо выводов.

Кириллов писал: «2.8. **Миф о гармонических колебаниях математического (физического) маятника.**А вот колебания математического и физического маятников описываются нелинейным дифференциальным уравнением *** которое имеет решение, выражаемое через эллиптические функции Якоби [19]. Причем функции эти хоть и периодические, но не являются гармоническими.»

Похожая картина и с «мифом» о колебаниях маятника. Нетрудно проверить, что в основных учебниках (насколько помню и в школьных) всегда оговаривается малость колебаний маятника.

И вторит этому:

2.6. «Миф о законе Архимеда.

(Упомянут в [14]). Вот несколько формулировок закона Архимеда.)

“...выталкивающая сила равна весу жидкости в объеме тела и действует вверх по вертикали” [Савельев]

2). “Если тело, погруженное в жидкость, удерживается в механическом равновесии, то со стороны окружающей жидкости оно подвергается выталкивающей силе гидростатического давления, численно равной весу

жидкости в объеме, вытесненном телом. Эта выталкивающая сила направлена вверх и проходит через центр масс жидкости, вытесненной телом”. [Сивухин]»

У Савельева. Цитата вырвана из иллюстрированного текста не допускающего толкования в смысле толкуемым автором как "миф". При этом цитата в учебнике не претендовала на определение. Далее Кириллов подменяет рисунки Савельева своими, примитивным, сопровождая текстом, уступающем во всех отношениях учебнику.

Утверждение Сивухина (в тексте оно выделено) вырвано из доказательства закона Архимеда и далее в тексте Сивухиным дано прекрасное изложение закона Архимеда для частично погруженных тел. Вместо этого, после примитивных рассуждений автор предлагает свое, более узкое (скалярное), явно уступающее определение Сивухина.

В целом, практически все «мифы» в работе **«Мифы физики, как предмета преподавания»** таковыми не являются. Нельзя утверждать, что нет устойчивых предубеждений и ошибочных мнений в физике, но это скорее повод для серьезных дискуссий, а не игры в переопределения устоявшихся терминов и провозглашения новых. Это произведение нельзя признать полезным и как-то связанным с настоящими проблемами преподавания предмета. Примером нормального отношения к мифам и спорным вопросам являются статьи в журнале УФН.

В.Б. Морозов. 5 июля 2013 г.