УДК 372.853

Мифы физики, как предмета преподавания.

Олег Е. Кириллов[1]

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.

1. Введение.

Преподавание физики, как чрезвычайно объемной дисциплины таит в себе, по крайней мере, одну методологическую опасность. Опасность упрощения. Упрощение понятий, законов, методик при обучении неизбежно и даже необходимо. Но, к сожалению, иногда упрощение связано с искажением, с недоговоренностью, а «полуправда хуже неправды». Причем искаженный материал порой навсегда остается в умах студентов, в частности, и когда некоторые из них сами становятся преподавателями и уже безо всякого сомнения излагают этот искаженный материал своим студентам и т.д. Такую ситуацию автор и называет мифом, то есть, такие знания, истинность которых не вызывает сомнения у их носителя, в силу того, что получены эти знания от авторитетных «предков» и имеют (кажущееся) где-то существующим, безупречное логическое обоснование. Как правило, в основе мифа лежит полуистина, то есть либо искаженная, либо недоговоренная истина, из которой далее логически безупречно делаются выводы-следствия.

Кроме упрощения при изложении нового материала, есть еще один источник мифов,– изложение по аналогии. Это классический прием в преподавании, когда что-то новое сравнивается с уже известным и очень похожим на новое или имеющее элементы сходства. Но у каждой аналогии имеется граница. И, если эту границу не знать, не видеть или забыть, то и возникают мифы.

Особняком стоят мифы имен – это некорректное произношение-написание имени или фамилии ученого. Было время, когда известного сегодня Ньютона называли Невтоном, а де Бройля называли де Броглем. Историческая справедливость восстанавливается, но рудименты еще остались. Например, англичане все же говорят Айзек Ньютон, для этого надо просто послушать BBC-Radio (Podcast: A Brief History of Mathematics).

[1] E-mail: fiz_texf@mail.ru
Уральский Федеральный Университет. Институт Фундаментального образования.

2. Примеры мифов.

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

$$\vec{F} = m\vec{a}\,. \tag{1}$$

На самом деле Ньютон так не формулировал свой второй закон. Вот оригинальный текст [1]: Mutationem motus proportionalem esse vi motrci impressae et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimatur или в переводе [1]: «Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует». Количество движения у Ньютона – это то, что мы сейчас называем в физике импульсом. Таким образом, у Ньютона его второй закон выглядит так: $\Delta\vec{p} \propto \vec{F}$. Позже было добавлено уточнение

$$d\vec{P}/dt = \vec{F}\,. \tag{2}$$

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). Удивительно, что ни теория относительности, ни квантовая механика не отменили (2), но отменили (1).

Второй миф более изощренный и относится к математической форме второго закона Ньютона. Считается, что второй закон математически представляет собой обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка, разрешенное относительно старшей производной, то есть в одномерном варианте

$$\ddot{x} = F(x,\dot{x},t)/m\,. \tag{3}$$

Отсюда сразу следует необходимость двух условий (начальных или краевых), теорема Коши-Ковалевской о существовании и единственности решения уравнения типа (3) и пресловутая детерминированность механики. Этой записью (3) констатируется тот факт, что силы в природе зависят от координат, скорости и времени, но не зависят от ускорения и более высоких производных скорости по времени. Однако, известно, по крайней мере, две силы, зависящие от производных по скорости. Во-первых, это радиационная сила трения, сила, работа которой равна потере энергии на излучение ускоренно движущегося заряда [2-4]. Сила эта называется силой торможения излучением или лоренцева сила трения [2]. То есть динамика электрона в электромагнитном поле описывается уравнением (взято из [4])

$$m\ddot{x} = eE_x + e\left[\vec{v}\times\vec{B}\right]_x - \frac{e^2}{6\pi\varepsilon_0 c^3}\dddot{x}\,. \tag{4}$$

В принципе, ни к каким серьезным последствиям это не приводит. Просто получили уравнение третьего порядка, но опять же линейное и оно почти разрешено относительно старшей производной. Другое дело, что меняется физический смысл второго закона Ньютона,- теперь с помощью него мы находим не ускорение, а скорость изменения ускорения и для частного решения (4) необходимо три условия. Следует заметить, что (4) – приближенное уравнение и, в общем случае, вероятно в правой части появятся производные более высоких порядков и, следовательно, потребуется более трех начальных значений.

Сложнее вторая сила,– сила, действующая на сферу радиуса R, движущуюся с переменной скоростью в вязкой жидкости (или газе). Сила эта определяется формулой Буссинеска [5]

$$\vec{F} = -6\pi\mu R\vec{V}(t) - \frac{2}{3}\pi\rho R^3\dot{\vec{V}}(t) - 6\pi\mu R^2\frac{1}{\sqrt{\pi\nu}}\int_0^t\frac{\dot{\vec{V}}(\tau)d\tau}{\sqrt{t-\tau}} \tag{5}$$

где μ, ν - коэффициенты динамической и кинематической вязкости, ρ - плотность жидкости. Первое слагаемое силы (5) – сила Стокса, то есть, сила сопротивления; второе слагаемое приводит к понятию присоединенной массы (причем есть продольная присоединенная масса и поперечная) и содержит первую производную от скорости, то есть ускорение (попробуйте посчитать период колебаний легкого шарика на пружине в воде, а потом измерьте его,– если Вы не учитывали присоединенную массу, то у Вас получится значительное расхождение!). Последнее слагаемое наименования не имеет. То, что под интегралом производная скорости по времени, да и интеграл по времени, не означает, что скорость можно извлечь из под интеграла – это не простой интеграл,– это интеграл с сингулярным ядром. Если силу (5) подставить в уравнение второго закона Ньютона, то получим вообще не дифференциальное уравнение, а интегро-дифференциальное уравнение, которое преобразованием Лапласа сводится к алгебраическому. Начальных условий для него все же необходимо поставить два. Однако, следует заметить, что (5) выведена Буссинеском при условии, что в начальный момент жидкость (газ) окружающая сферу покоилась. При снятии этого условия возможны более сложные зависимости, которые потребуют бесконечно много начальных условий. Не говоря уже о том, что сфера может вращаться или это может быть и не сфера, а тело переменной формы(?!)

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

2.3. Но, по-видимому, самый распространенный миф, – это ***миф о невозможности поперечных волн в жидкости или газе*** (далее для краткости – «в газе»). Давайте по определению. Что такое волна? В общем случае, волна – перенос состояния среды. В этом смысле, кстати, волна не обязана быть периодической. Например, цунами, одиночный импульс, солитоны. Да, в газе невозможны упругие сдвиговые деформации и потому малые возмущения не могут распространяться как поперечные волны, а только как продольные. Но есть еще и конечные возмущения, а кроме сжимаемости есть у газа еще и вязкость, а уравнения описывающие поведение газа (уравнения Навье-Стокса) нелинейные. 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 $\vec{V}$ и завихренность $\vec{\Omega} = rot\vec{V}$ и совершают они синхронно колебания в этой вихревой дорожке. Таким образом, происходит перенос вихревого состояния среды, то есть, волна. В пределе и одиночный летящий вихрь тоже является волной, ибо это перенос вихревого состояния среды. Обратите внимание на название работы [8], – для аэродинамиков словосочетание «вихревой-волновой» не режет слух.

Даже в простейшем случае колебаний плоскости вдоль самой себя в вязкой жидкости возникает поперечная волна (вторая задача Стокса [8*])

$$V_y(x,t) = V_{y0} e^{-kx} e^{i(\omega t - kx)} \qquad (*)$$

с дисперсионным соотношением $\omega = 2\nu k^2$. Другое дело, что это быстро затухающая волна: длина затухания в 2π-раз меньше, чем длина волны, но это уже другой вопрос.

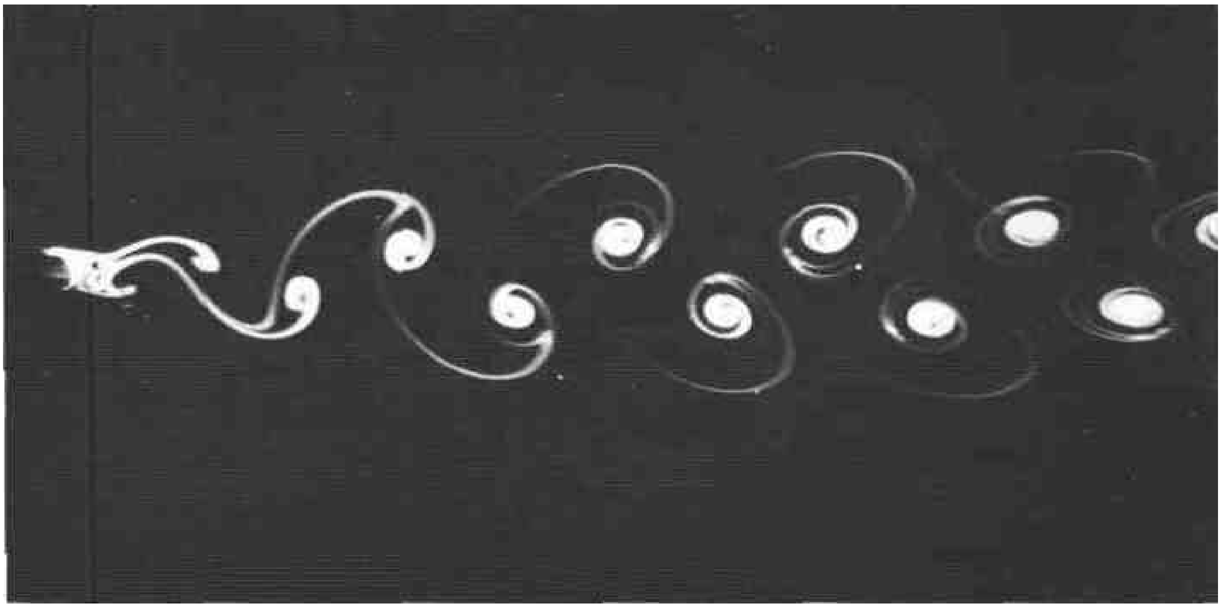

Рис. 1. Вихревая дорожка Кармана за круговым цилиндром при Re=105.

2.4. Самый глубоко укоренившийся и самый популярный миф, это ***миф о зависимости массы тела от скорости*** движения в СТО. Почти во всех книгах (даже великих классиков) проводится мысль о том, что масса тела зависит от системы отсчета, то есть, от скорости тела, и не спроста есть понятие массы покоя. Оказывается это домыслы, исторический казус или злая шутка формул СТО. Действительно, импульс тела в СТО

$$p = \frac{mv}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \tag{6}$$

и если его переписывать вот так

$$p = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} v \tag{7}$$

то дробь напрашивается назвать массой, релятивистской массой. Это иллюзия! Ведь нигде далее в СТО эта релятивистская масса не используется (ну разве что, как поперечная масса; так ведь это всего лишь исторический термин), а тем более в ОТО, где гравитационное взаимодействие и искривление пространтсва-вреиени определяются распределением энергии-импульса. И это не «дело вкуса»,- это физический смысл, ибо только масса (так называемая все еще по традиции масса покоя) является Лоренц-инвариантным параметром тела. В действительности, из кинематики СТО, следует, что релятивистский множитель необходимо относить к скорости, как к пространственным компонентам 4-вектора скорости

$$p = m \frac{v}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \tag{8}$$

И тогда и впрямь импульс равен произведению массы на скорость! Только массу не надо трогать и оставить ее в «покое», а под скоростью понимать 4-скорость, что логично в СТО. Подробнее [9, 10, 11, 12, 13].

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 [5].

2.6. Миф о законе Архимеда. (Упомянут в [14]). Вот несколько формулировок закона Архимеда.

1). «…выталкивающая сила равна ***весу жидкости в объеме тела*** и действует вверх по вертикали» [15].

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». [16]

3). «…Principle of Archimedes, the buoyant force experienced by a body submerged in a liquid equals the ***weight of the displaced quantity of liquid***.» [17]

(Во всех цитатах выделение автора, О.Е.).

С первого взгляда, кажется, что имеем три совершенно одинаковые формулировки. В действительности тождественны второе и третье определения. Первое отличается от них. Буквально двумя словами: «вытесненная жидкость». Дело в том, что словосочетание «вытесненная жидкость» неопределенное понятие. Если тело поместить в ванну, доверху наполненную водой, то в положении равновесия из ванны выльется воды по объему равному объему погруженной части тела (Рис. 2),- здесь все ясно. Если же тело поместить в ванну, наполненную не до краев, и при погружении до состояния равновесия вода из ванны не выливалась (Рис. 3), то, что теперь считать «объемом вытесненной жидкости»? Напрашивается, что это объем погруженной части тела. Но рассмотрим еще один случай: тело погружают в ванну, размер которой чуть больше погружаемого тела, воды в ней по объему меньше, чем объем тела (Рис. 4). Что теперь считать «объемом вытесненной жидкости? Объем погруженной части нельзя,- он заведомо больше объема всей жидкости. Так вот, в определении силы Архимеда должен употребляться объем погруженной части тела,- это ясно и понятно во всех приведенных случаях. А вот «объем вытесненной жидкости», особенно в случае, когда объем жидкости меньше объема тела,- не понятно, что это такое.

Итак, точная формулировка: сила Архимеда,- это выталкивающая сила равная ***весу (силе тяжести) жидкости в объеме погруженной части тела*** и действует вверх против силы тяжести.

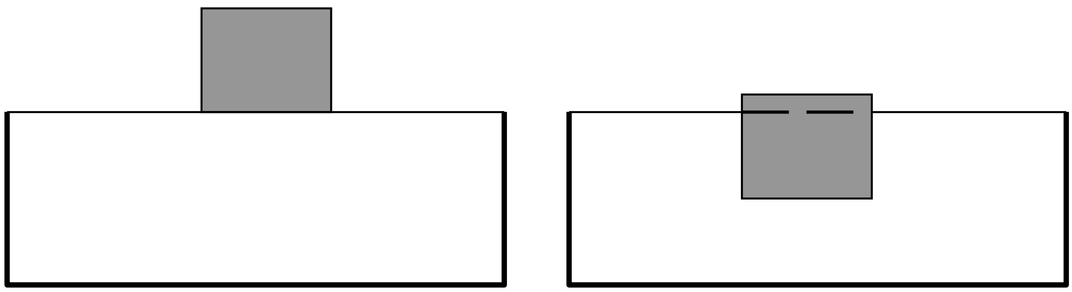

Рис. 2

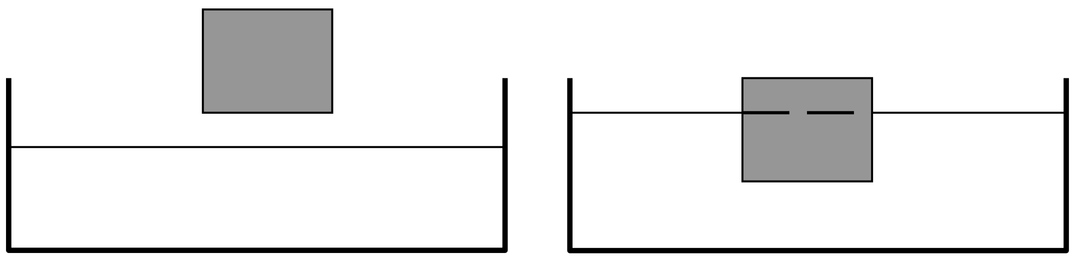

Рис. 3

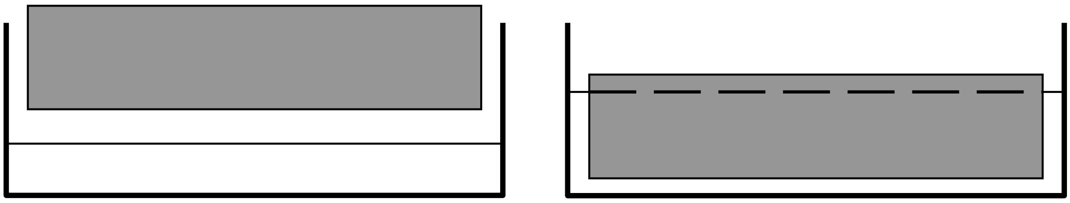

Рис. 4

2.7. Миф о силовых линиях магнитного поля. (Упомянут в [18]). 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 $\vec{E}$, для магнитного поля,- линии вектора индукции $\vec{B}$. Далее, электрический заряд q, оказавшись в электрическом поле, испытывает действие силы $\vec{F}_э = q\vec{E}$, 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 q, движется в магнитном поле, то на него действует сила $\vec{F}_м = q[\vec{v} \times \vec{B}]$, которая перпендикулярна и скорости и, что главное, вектору $\vec{B}$, 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 магнитики они выстраиваются вот по этим самым линиям вектора $\vec{B}$, «точно так же», как электрические диполи выстраиваются по линиям вектора $\vec{E}$.

2.8. Миф о гармонических колебаниях математического (физического) маятника. В разделе «механические колебания» обычно рассматриваются две колебательные системы: пружинный маятник и математический (или физический, – здесь различия нет). Колебания пружинного маятника действительно гармонические, ибо происходят под действием упругой силы, которая по закону Гука (Хука!) линейная с хорошей точностью и подчиняются линейному дифференциальному уравнению, классическому уравнению осциллятора

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \qquad (9)$$

Отсюда сразу следует, и гармоничность, и изохронность колебаний (независимость периода от амплитуды). А вот колебания математического и физического маятников описываются нелинейным дифференциальным уравнением

$$\ddot{\varphi} + \omega_0^2 \sin\varphi = 0 \qquad (10)$$

которое имеет решение, выражаемое через эллиптические функции Якоби [19]. Причем функции эти хоть и периодические, но не являются гармоническими. Кстати, нарушается свойство изохронности колебаний, то есть, период колебаний математического маятника от амплитуды зависит. Конечно, мы линеаризуем уравнение (10), используя следствие первого замечательного предела, то есть, при малых φ можно приближенно заменить $\sin\varphi \approx \varphi$, получить линейное уравнение типа (9) только для φ, решение которого гармонические функции. Не надо только забывать, что это при малых углах, на практике, для углов $\varphi < 10^o$.

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 [21] (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 Солнцестремительное, 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.

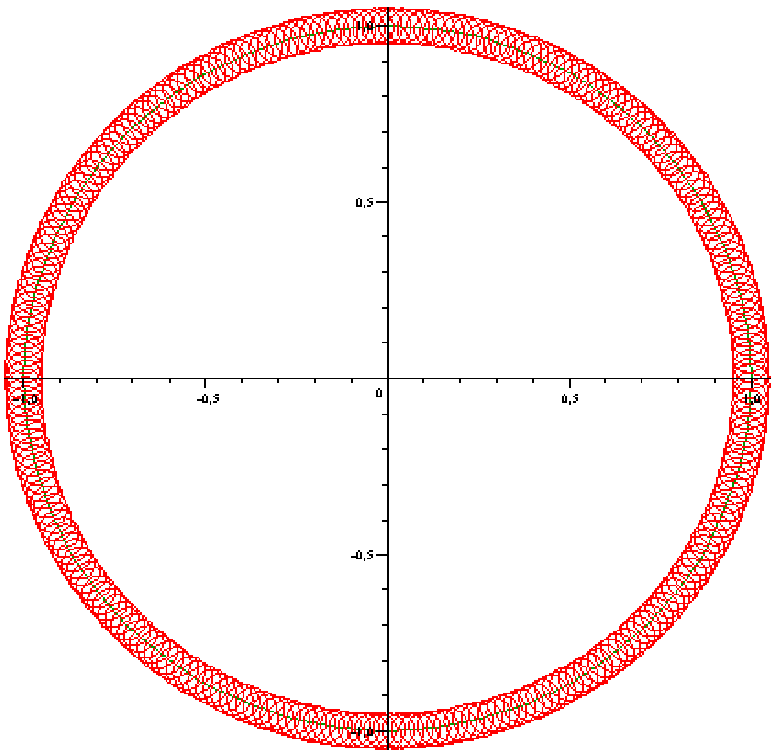

Рис. 5

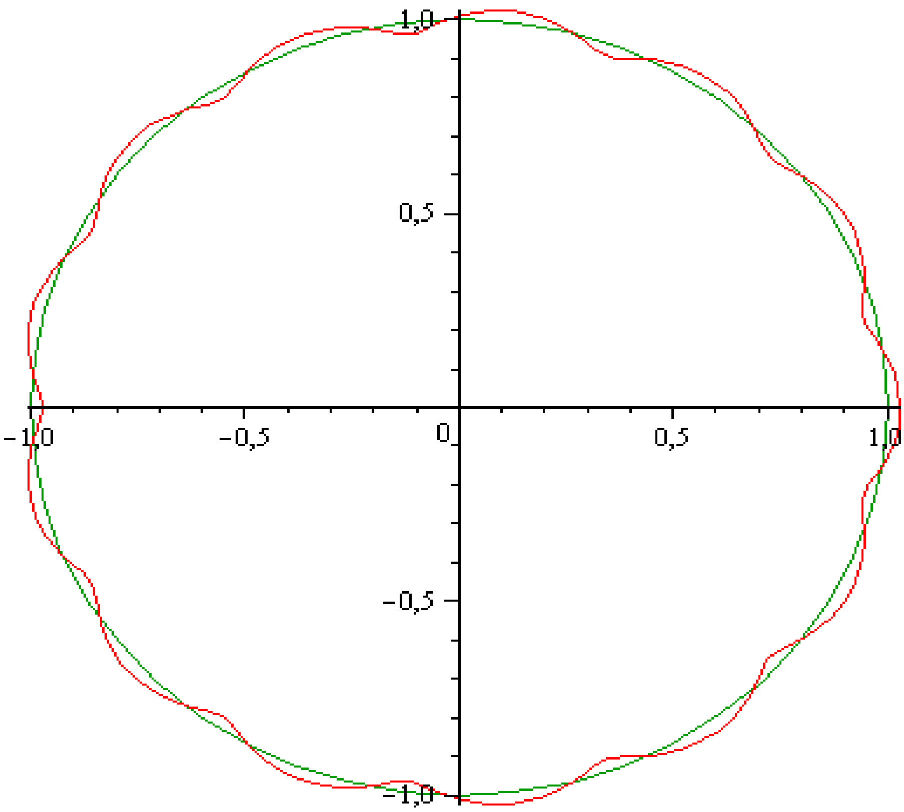

Рис. 6

2.10. Миф о невозможности безреактивного вращения. Всем известен лекционный демонстрационный эксперимент с креслом Жуковского, когда человек, сидящий в кресле, способном вращаться около вертикальной оси, начинает раскручивать находящееся у него колесо с вертикальной осью,- при этом человек вместе с креслом начинает вращаться в сторону противоположную вращению колеса. Эффектен этот эксперимент и в варианте, когда человек в кресле держит раскрученное колесо с горизонтальной осью, а затем поворачивает колесо, располагая его ось вертикально,- при этом человек с креслом начнет вращаться в сторону противоположную вращению колеса. Это и есть реактивное вращение в строгом соответствии с законом сохранения кинетического момента (момента импульса). Из-за этого у одновинтового вертолета имеется хвостовой винт, - он гасит реактивный момент несущего винта.

И конечно было бы странно, удивительно и невероятно, чтобы, например, человек в кресле Жуковского смог повернуться с колесом вместе в одну сторону. Кажется, что это эквивалентно подъему самого себя за волосы. Но вот, если переместить центр масс системы внутренними силами невозможно (то есть поднять самого себя за волосы), то повернуть систему в целом на любой угол оказывается можно! На рис. 7-13 приведен пример поворота механической системы только внутренними силами (моментами). Имеется система, состоящая из двух одинаковых стержней, шарнирно закрепленных в середине. На одном стержне жестко закреплены два шарика, на другом то же имеются два таких же шарика, но они могут двигаться вдоль стержня. Исходное состояние: между стержнями прямой угол (это не обязательно, это просто для примера!), шарики на одинаковом расстоянии от центра – Рис.7 (пунктирная линия – биссектриса). Внутренними силами сдвигаем два подвижных шарика к центру вращения симметрично – Рис.8. Прикладываем к стержням внутренние крутящие моменты, сводящие стержни – Рис.9. Внутренние крутящие моменты действуют так, чтобы при совпадении стержней их скорость обратилась в ноль,– Рис.10. Обратите внимание,– так как моменты инерции стержней в положении рис.9,10 не равны, то под действием равных моментов они повернуться на разные углы,– Рис.10 – штрих-пунктирная линия не совпадет с пунктирной линией,– это важнейший момент этой задачи. Далее, подвижные шарики возвращаются в исходное состояние внутренними силами,– Рис.11. Прикладываем внутренние крутящие моменты к стержням, разводящие стержни – Рис.12. Обратите внимание,– моменты инерции стержней теперь одинаковы и под действием одинаковых крутящих моментов они будут повернуты на одинаковые углы,– пусть это будут углы=45^o, тогда система приходит в состояние Рис.13. Обратите внимание,– состояние рис.7 отличается от состояния рис.13 только тем, что система целиком повернулась на некоторый угол,– угол между пунктирной линией и штрих-пунктирной на рис.13. Что и требовалось показать. Повторяя эту процедуру, прикладывая различные крутящие моменты можно повернуть систему на любой угол только внутренними силами! Заметьте,– в любой момент времени кинетический момент системы равен нулю,– закон сохранения кинетического момента выполняется безусловно, ведь внешние силы и моменты отсутствуют!

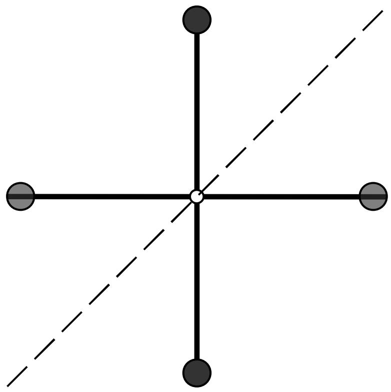

Рис. 7

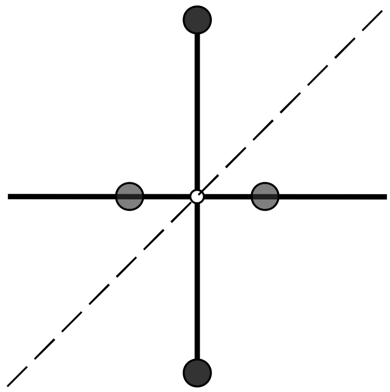

Рис. 8

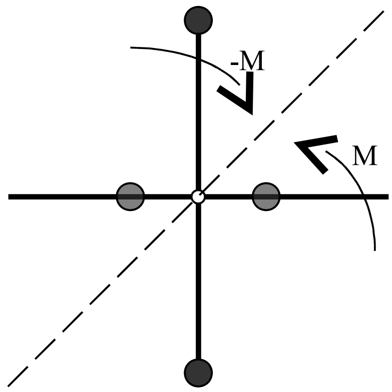

Рис. 9

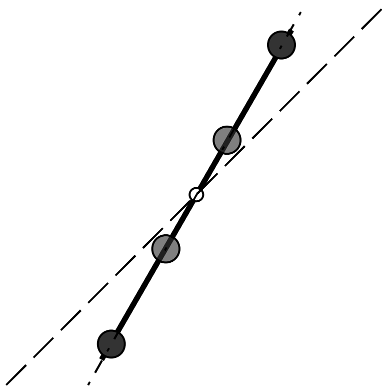

Рис. 10

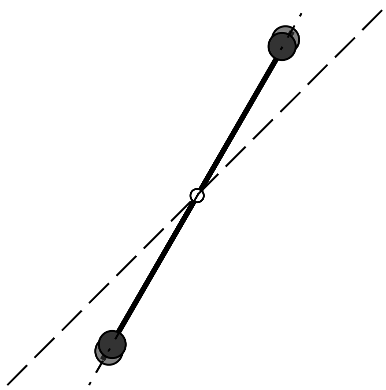

Рис. 11

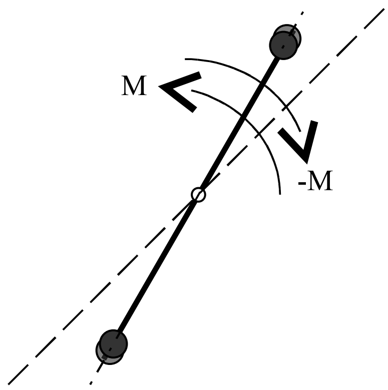

Рис. 12

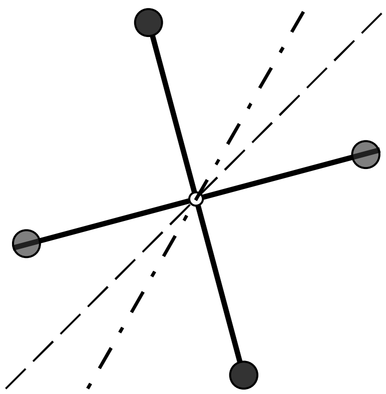

Рис. 13

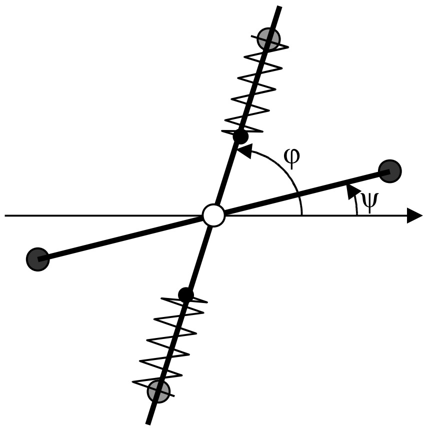

Рис. 14

Заинтересовавшись таким самоповоротом, автор рассмотрел совершенно автономную систему, без вмешательства управляющих хоть и внутренних воздействий. Система такова (Рис.14): два шарнирно закрепленных стержня, способных без трения вращаться в одной плоскости. На одном стержне зафиксированы две материальные точки (далее, МТ) массой *m* каждая на некотором расстоянии от оси вращения, можно и на концах. На другом стержне находятся две МТ способные без трения скользить вдоль него и прикрепленные к пружинам, один конец которых закреплен на стержне. Предполагается, что материальные точки движутся синхронно, то есть, всегда оставаясь на одинаковых расстояниях от оси вращения. Положение каждой точки определяется координатой *x(t)*, отсчитываемой от положения, в котором пружина не деформирована. Стержни скреплены спиральной пружиной (на Рис.15 не показана) с коэффициентом жесткости *c*. Когда $\varphi = \psi$ спиральная пружина не деформирована.

Заметьте: при любых положениях стержней и подвижных МТ центр масс системы всегда в одном положении,– в точке шарнирного крепления стержней. Внешних сил нет. Просчитано поведение такой системы (программа в Maple-11) и оказалось,– не вдаваясь в подробности,– при некоторых сочетаниях параметров (назовем их: резонансные случаи) система, находясь вначале в покое, то есть с нулевым кинетически моментом, с взведенной спиральной пружиной, например, $\varphi - \psi = \pi/2$, начинает при освобождении в среднем поворачиваться именно как целое, но конечно в среднем,– смотрите график Рис. 16, где *x(t)* – удлинение пружины. При всем при этом в каждый момент времени суммарный кинетический момент системы равен нулю,– закон сохранения кинетического момента не нарушается! Таким образом, имеем самоповорачивающуюся в целом систему.

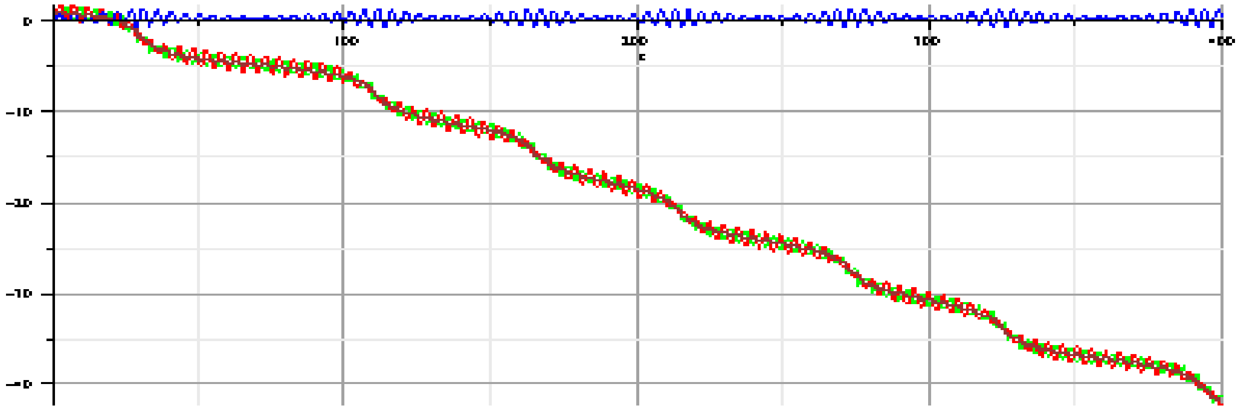

Рис. 15. $x(t)$ – синий, $\varphi(t)$ – зеленый, $\psi(t)$ – красный.

Заключение.

Представленные мифы по своей значимости можно разделить на две группы. Первая группа – это безобидные мифы, чисто технические, образно выражаясь из раздела «… это интересно …» научно-популярных журналов и газет или киножурнала «Хочу все знать». Например, это о законе Архимеда, о математическом маятнике, о вязкости. Вторая группа – принципиальные мифы, связанные с пониманием физического смысла некоторого термина, закона, явления. К таковым бесспорно следует отнести миф о зависимости массы тела от его скорости. Ведь если его принять, то далее можно считать, что масса зависит и от температуры тела и от подведенной к нему теплоты и от гравитационного потенциала и от электромагнитного потенциала и т.д. [12]

Разговор о мифах – щепетильная и болезненная тема. Ведь вот получил человек высшее образование, хорошее высшее образование, живет человек и преподает человек, а тут на тебе МИФ?!… Это фактически вопрос о заблуждении, осознании заблуждения и отречения от него. А это очень болезненно и не просто. И далеко не каждый не только способен осознать, что он заблуждается, но и мысли об этом не допускает, подменяя битву за свои убеждения битвой за свои заблуждения. Как это ни печально.

Автор не призывает, начиная со средней школы математически строго излагать физические законы. Это, во-первых, невозможно, а, во-вторых, и не нужно. В этом плане автор полностью согласен с Гладуном А. Д. [23]: «Зачем школьнику рассуждать, ничего не понимая, скажем о специальной теории относительности или корпускулярно-волновом дуализме? Всякому фрукту свое время…». Все равно в процессе преподавания мы будем упрощать материал, но, упрощая необходимо об этом говорить, по крайней мере, студентам. То есть отмечать, что вот этот закон или понятие в таком виде имеет ограничение в применении и вкратце расшифровать ограничение или указать ссылки, где это объясняется. Кому интересно,- тот найдет и прочитает, а всем, как правило, эти тонкости и не нужны.

Физическое образование несет в себе не только функцию приобретения знаний о Природе, но и методологию приобретения и освоения знаний вообще, формирование мировоззрения. И если общество не достаточно ответственно подходит к физическому образованию студентов, то расплачивается отсутствием людей с мировоззрением адекватным реальности, осознанной гражданской позицией и пр. Это о важности написания адекватных учебников физики. Хорошо об этом в [24, 25].

Библиографический список

1. И. Ньютон. Математические начала натуральной философии.- М.- Наука, 1989.- с.40.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. Москва, 1962, с.244-248.
3. Клепиков Н.П. Силы торможения излучением и излучение заряженных частиц//УФН, т.146, №2 (1985), с. 317.
4. Бом Д. Квантовая механика. М.: Наука, 1965, с.49.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газ. М.: Наука, 1987. – с.428-429.
6. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. - М., 1965.
7. Чжен П. Отрывные течения. М.: Мир, 1973, с.89-91.
8. Ареф Х. Вихревая динамика волновых следов//Нелинейная динамика, 2006, т.2, №4, с.411-424.
8*. Теория пограничного слоя. Шлихтинг Г., перев. с немецкого, Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», Москва, 1974, с. 94.
9. Окунь Л.Б. Формула Эйнштейна: $E_0=mc^2$. «Не смеется ли Господь Бог»?//УФН, т.178, №5 (2008), с. 541.
10. Окунь Л.Б. Теория относительности и теорема Пифагора.//УФН, т. 178, №6 (2008), с.653.
11. Угаров В.А. Специальная теория относительности. М.: Наука, 1977, с.338-342.

12. Кириллов О.Е. От чего же еще зависит масса? Physics-Online.ru
13. Gary Oas. On the abuse and use of relativistic mass. ArXiv:0504110v2
14. Попов В. П., Крайнюченко И.В. Альтернативное мировоззрение. Концепции естествознания. – Пятигорск: Издательство ИНЭУ, 2006. – 130 с.
15. Савельев И.В. Курс общей физики, том I. Механика, колебания и волны, молекулярная физика. Издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, М., 1970 г. – 510 с.
16. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Учеб. пособие: Для вузов. В 5 т. Т. I. Механика. — 4-е изд., стереот. — М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2005. - 560 с.
17. Handbook of Physics/ Walter Benenson, John W. Harris, Horst Stocker, Holger Lutz. Springer-Verlag New-York, Inc. 2002.
18. Николаев В.И. О дидактических достоинствах курса физики. Физическое образование в вузах. Т.12, №2, 2006, С. 8-14.
19. Маркушевич А.И. Замечательные синусы. Введение в теорию эллиптических функций. М.: Наука, 1974.- 96 с.
20. The Moon Always Falls Toward the Sun, http://www.mathpages.com/home/kmath405/kmath405.htm
21. Does the Moon Always Fall Towards the Sun? Kirk T. McDonald, *Joseph Henry Laboratories, Princeton University, Princeton, NJ 08544,* (June 9, 2010). http://puhep1.princeton.edu/~mcdonald/examples/moonfall.pdf
22. Мюллер В.К. Англо-русский словарь, М.: Рус. Яз., 1981.- 888с.
23. Гладун А.Д. О профанации в преподавании физики. Физическое образование в вузах. Т.10, №4, 2004, С. 5-7.
24. Гладун А.Д. Формирование научного мировоззрения при изучении физики. Физическое образование в вузах. Т.10, №4, 2004, С. 8-16.
25. Гладун А.Д. О профанации в преподавании физики//Физическое образование в вузах, т.10, №4, 2004, с.5-7.