

## КАК СТЕНКУ С ГВОЗДЯ СНИМАЛИ

Мыслящий ум не чувствует себя счастливым, пока ему не удастся связать воедино разрозненные факты, им наблюдаемые.

Д. Хевеши

Спешу, не обращая внимания на мелочи. А зря. Гвоздь, торчащий из стены, тормозит меня за карман с характерным звуком рвущейся материи.

– Я тебя запомнил, – бросаю ему угрозу и скрываюсь за дверями школьного кабинета.

Ближе к вечеру настаёт час расплаты – я с плоскогубцами подхожу к обидчику. Захватываю шляпку и тяну со всей силы на себя. Тщетно. С силой трения покоя не справляюсь.

– Сопровивляешься? – радуюсь я достойному сопернику. – Найдётся на тебя управа!

Вновь тяну гвоздь на себя, но при этом начинаю поворачивать его из стороны в сторону.

– Чем ответишь?.. Капитулируешь?.. Куда тебе тягаться с учителем физики! – вытаскиваю я его из стены.

– Победа! Победа?.. Но я не понимаю, КАК мне в этом помогло вращение. Значит неполная победа. Но я не любитель полётов на самолётах, которые почти долетают до цели, почти приземляются и почти не разбиваются. Я не любитель многоточий и неопределённостей. (Из характеристики: «К принципу неопределённости Гейзенберга, коту Шрёденгера и корпускулярно-волновому дуализму относится лояльно»).

На следующий день несчастные (по Хевеши) ученики расходились по домам с качественным вопросом, который позже острословы назвали «гвоздём программы».

Этот гвоздь вызвал споры, в результате которых родилась, нет, ещё не истина, но коллективная гипотеза, весьма похожая на правду. Судите сами:

– Сила трения скольжения (в дальнейшем просто сила трения) всегда направлена строго против направления скорости тела ( $V$ ).

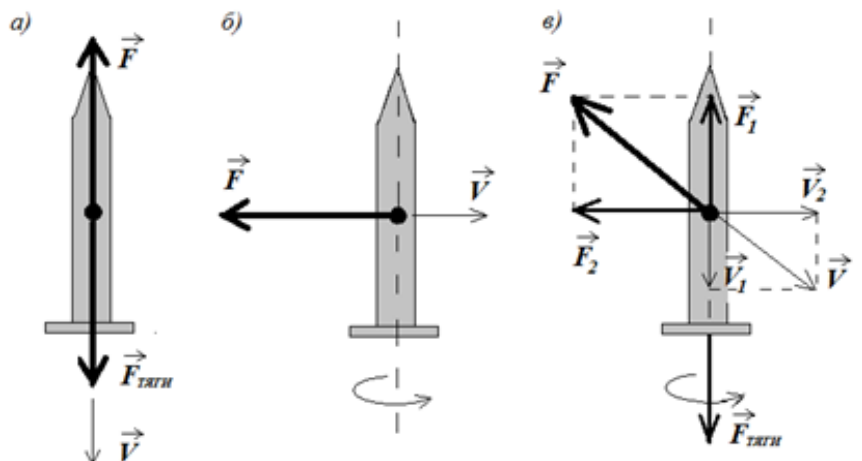
– Согласен! – подтвердил прописную истину Фома Неверующий. (Есть у нас такая полезная дежурная должность).

– Выберем на гвозде произвольную точку и будем отслеживать её скорость ( $V$ ) и действующую на неё силу трения ( $F$ ).

– Одобряю! – поддержал Фома.

– Если мы равномерно вытягиваем гвоздь на себя без его поворота (рис. а), то нам препятствует сила трения, если равномерно поворачиваем без вытягивания – то сила трения меняет своё направление, но не величину (рис. б).

– Логично! – покорно одобрил Фома.



– Одобряю! – поддержал Фома.

– Если мы равномерно вытягиваем гвоздь на себя без его поворота (рис. а), то нам препятствует сила трения, если равномерно поворачиваем без вытягивания – то сила трения меняет своё направление, но не величину (рис. б).

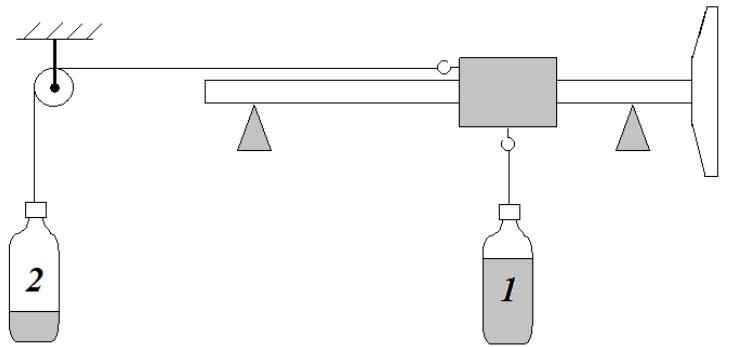
– Логично! – покорно одобрил Фома.

– Если одновременно делаем и то и другое (*рис. в*), то нам противодействует сила трения ( $F$ ), направленная противоположно полной скорости точки. Её можно разложить на две взаимно перпендикулярные силы ( $F_1$  и  $F_2$ ). Они, согласно теореме Пифагора меньше силы трения скольжения. Таким образом, получается (победно звучат воображаемые фанфары), что вытаскивать гвоздь с вращением легче, ведь мы при этом вступаем в противодействие лишь с частью силы трения ( $F_{\text{ТЯГИ}} = F_1 < F$ ).

– А вот это не очевидно! – оживился штатный Неверующий и, должно быть из особого упрямства, предложил своё объяснение, – повороты и расшатывание гвоздя приводят к расширению отверстия в стенке.

– А ведь эти гипотезы можно проверить, – решили мы и засучили рукава.

За закрытыми дверями лаборантской началась подготовка. Деревянную швабру для уборки класса «превратили» в гвоздь (представив, что она им является). На нём, для наглядности предстоящих объяснений, нарисовали чёрный кружок («произвольную точку»). Из четырёх прямоугольных дощечек сколотили «стенку» – открытый с двух сторон короб квадратного сечения. Надели его на швабру, которую затем расположили горизонтально на спинках двух стульев. В короб вкрутили два крючка, к которым на верёвочках подвесили пластиковые бутылки. Их массы можно было легко изменять, наливая в них разное количество воды, а вес при необходимости измерять бытовым безменом (в единицах кгс).



– А зачем нам груз на нижнем крючке, – проявил свою сущность Фома.

– От него напрямую зависит сила, прижимающая короб к швабре, а, следовательно, и действующая на него при скольжении сила трения. ( $F = \mu N$ ). Изменяя вес бутылки под коробом, мы легко сможем убедить неверующих в том, что «гвоздь, забитый в разные породы дерева», по-разному в них удерживается и требует разных усилий при вытаскивании.

Верёвку от второго крючка мы перекинули через неподвижный блок (удерживаемый в руках), а вес бутылки подобрали таким, чтобы начиналось скольжение короба вдоль швабры. Это именно та «грубая сила», которая позволила бы победить гвоздь, но которой мы не обладаем.

Настал день публичной демонстрации.

Наша лабораторная установка на коленке делана, помним о модельности эксперимента, поэтому точности не ждём. Качественного подтверждения желаем.

«Вбили гвоздь в стену» – собрали установку.

Действие первое – «Сила есть, ума не надо». Убедили всех, что для начала движения короба (извините, стены) вдоль гвоздя (швабры) необходимо полбутылки воды.

Фома Неверующий отметил оригинальность происходящего: – не гвоздь из стены вытаскиваем, а стену с гвоздя снимаем!

– А разница есть?..

– Нет.

– Тогда продолжим.

Действие второе – «И сила уму уступает». По легенде мы слабы телом (мало каши ели). Моделируем своё физическое бессилие уменьшением силы тяги, для чего выливаем из бутылки половину от имеющейся половины. Такой груз коробу скорость не сообщает, силёнки не те. Но на нашей стороне – знания. Подключаем интеллект и начинаем вращать

швабру из стороны в сторону... Тут-то, и свершается чудо – под действием малой силы стена приходит в движение и сползает с гвоздя.

Иной скажет: – К чему такие сложности? Вместо вращающейся швабры достаточно взять расположенный под наклоном карандаш, а вместо смещающегося короба – кольцо с пальца.

Не соглашусь: – Размер имеет значение. Крупная демонстрация впечатляет сама собой. Но главное в том, что соразмерность экспонатов человеку дает особое ощущение реальности, создает определенное настроение, сильнее воздействует эмоционально, то есть увлекает.

Но мы отвлеклись, чудо требует разъяснения.

– А что это за чёрный кружок на ручке швабры? – не выдерживает Фома, который сам недавно настоял на его дидактической необходимости и собственноручно нарисовал.

– Ага, понял – это жирная точка, – признаётся он, доставая разноцветные стрелки векторов.

После наглядного объяснения гипотеза с расширением отверстия отпала сама собой за ненадобностью. Фома только руками развёл: – С опытом не поспоришь.

– А может ли ваша теория не только объяснять, но и предсказывать? – включился, молчавший до этого зритель.

– Можно попробовать, – оживились мы. – Чем больше скорость вращения (возвращаемся к *рис. в*), тем больше угол отклонения полной скорости от вертикали и соответственно силы трения скольжения. А чем больше угол, тем легче вытаскивать гвоздь. Вот и предсказание: быстрее вращаем – легче справляемся с делом.

Если на установке это подтвердим, то – полная победа!..

«Гвоздь программы» позволил нам понять, почему при резании хлеба не только давят на лезвие ножа, но и тянут его в продольном направлении, или зачем при извлечении клина из щели (топора из полена) его раскачивают.

– Знание упростило жизнь?

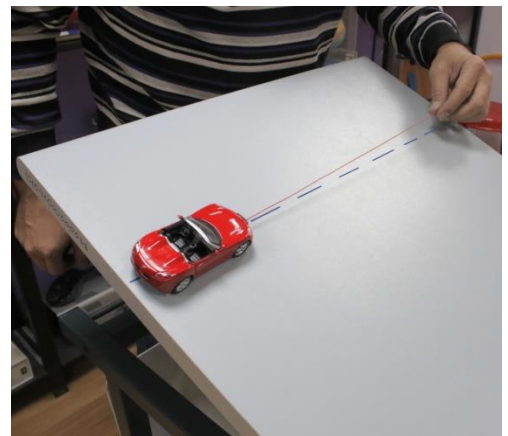
– Скорее сделало её интереснее.

Перед тем как ученики, воспользовавшись силой трения покоя, разбежались по домам, я предложил им поиграть в машинку (действие третье)...

Поставил игрушку боком на широкую горку. В таком положении сила трения покоя, действуя на четыре резиновых колёсика, удержала машинку от скольжения вниз. Я приложил к ней горизонтальную силу, потянув за верёвочку на себя. Машинка послушно прокатилась по горизонтальному пунктиру, начертанному на поверхности. Затем её колёса были заблокированы (вставлены «палки в колёса»), а эксперимент повторён. Машинка начала движение по направлению прилагаемой силы, но при этом стала сползать с горки вниз.

– Как так?

– Научное расследование покажет!..



31.10.15