

Лукьянов Андрей Александрович
Кандидат физико-математических наук, доцент,
лаборатория по работе с одаренными детьми МФТИ

Читая Перельмана, доктора занимательных наук

Статья о выдающемся советском популяризаторе науки Я.И. Перельмане. После не претендующей на полноту биографической справки, приведены 1) выдержки из статьи самого Я.И. о том, что он понимал под популяризацией науки и 2) приведены три образца творчества Перельмана из трех его книг. Предполагается продолжение публикации материалов о Я.И. Перельмане и других образцов его творчества.

В этом году мы отмечаем 140-летие со дня рождения Якова Исидоровича Перельмана, нашего самого любимого и, безусловно, самого читаемого популяризатора науки. Увы, в этом же году исполняется и 80 лет со дня его трагической смерти от голода в блокадном Ленинграде. Но не будем сегодня о грустном, – когда говоришь о Перельмане, хочется думать о хорошем.



Кто-то из учеников академика Л.Д. Ландау рассказывал, что тот будто бы говорил, что, сколько себя помнит, столько умел интегрировать. (Наверняка, шутил.) Все мы – не Ландау, и такого о себе не помним. Зато многие могут сказать, что, сколько помнят себя, столько помнят А.С. Пушкина или, скажем, Марка Твена (его Тома Сойера и Гекльберри Фина). Автор настоящей статьи с детства помнит еще и Я.И. Перельмана. Пушкина и Твена читала вслух мама, когда автор статьи сам еще не умел читать. Книгу Перельмана «Знаете ли вы физику» [1] она не читала. Да и я к ней всерьез обратился уже в старших классах. В раннем детстве смотрел лишь картинки в ней. Книга была интересна еще и тем, что подарили её моему отцу в 1936 г., тогда ученику 7-го класса деревенской школы. Такие книги дарили за успехи в учебе в сельских школах!

В общем, автор статьи – «перельманист» со стажем более 50 лет.

Всех книг Я.И., вероятно, ни у кого никогда не было и нет. Всего их написано Перельманом больше сотни, а с учетом того, что некоторые издавались несколько раз, то только с 1918 по 1973 год и только в нашей стране (в СССР) книги Перельмана издавались почти 450 раз, а их общий тираж составил 13 миллионов экземпляров. 126 раз его книги издавались в 18 зарубежных странах. Это статистика еще времен Советского союза взята из превосходной книги Г. Мишкевича [2], лично знавшего Я.И. Перельмана. Факты биографии Я.И. взяты автором статьи из этой же книги.

Ясно, что вряд ли кто может сказать, что прочитал все книги Я.И. В сущности, в этом нет нужды. Факт, однако, состоит в том, в КАЖДОЙ из них всегда найдется не одна, не две, а по несколько десятков задач, которые, как теперь говорят, «цепляют». Разных людей «цепляют» разные задачи, и это нормально. Прочитав в детстве задачу, к ней возвращаются в зрелом возрасте, причем, возвращаются уже пожилые преподаватели вузов с учеными степенями. И находят в старых задачах новое, чего не заметили раньше. Это – свойство хороших книг, что к ним хочется вернуться и перечитать, передумать, перерешать.

Пару лет назад автор статьи составил список только из названий задач, которые понравились в книгах Перельмана («зацепили»), набив список в Word'е. Получилось 27 страниц только названий задач! Не про каждого автора скажешь такое.

Из писателей его жанра, то есть популяризаторов науки, поставить рядом с Перельманом можно, пожалуй, лишь Айзека Азимова. Но он совсем другой. Они – не конкуренты.

Кроме того, что оба писали интересно, оба были настоящими ЭНЦИКЛОПЕДИСТАМИ. Азимов, правда, мог писать еще и книжки по истории, мог написать «Путеводитель по Библии» или «Путеводитель по Шекспиру». Яков Исидорович отдельно книг по Жюлю Верну (которого считал родоначальником жанра научно-популярной литературы) или по Марку Твену, а равно по Толстому или по Чехову не писал. Но они или герои их книг – постоянные персонажи книг Я.И.. Притом всегда к месту, а не для того, чтобы образованность показать.

Из отечественных книг популярного жанра назвал бы еще книги В.Н. Ланге, Л.Д. Ландау и Ю.Б. Румера, К.Н Мухина, Л.В. Тарасова [3–6].

Что же такого особенного в Перельмане? – Дело в том, что он не просто повествует. Он включает читателя в обсуждение, ставя неожиданные вопросы. Ответы не прячет. Их практически всегда можно найти в той самой книге, которую вы сейчас держите. Но почему-то хочется сначала самому догадаться до хода, который ведет к ответу. Бывали случаи (очень редкие), когда хотелось возразить Якову Исидоровичу, чаще – просто продолжить решение задачи, доисследовать в ней что-то. Один такой пример см. ниже.

Далеко не во всех обсуждаемых Перельманом вопросах ответы получены самим Я.И. Более того, не все вопросы он сам поставил. Ничего удивительного: он – преподаватель, он – популяризатор; его цель – рассказать понятно и интересно о чужих открытиях, о чужих решениях

интересных задач, об изобретениях, вообще – рассказать о законах физики и астрономии, о логике в алгебре с арифметикой и геометрией, о неожиданных логических ходах в них, – о том, что открыл не обязательно он сам, об изобретениях, которые сделал тоже не он сам.

Впрочем, и собственных задач в его книгах очень немало. Но он их не выделяет как-то особо. Его задачи естественно переплетаются с чужими. Не всегда можно понять, кто автор задачи или решения. Впрочем, ни Галилей, ни Ньютон, ни Эйнштейн, ни Циолковский не обижены. Последний даже говорил, что его работы стали известны широкому кругу людей (очень широкому) именно благодаря Перельману. Между ними была переписка. Но не только с Циолковским был в прямом контакте Я.И., но и, например, с С.П. Королевым (тогда еще не Главным конструктором).

Перельман был, несомненно, выдающимся педагогом. Но он не писал учебников в традиционном смысле, по которым бы училась вся страна, хотя в 20-е годы участвовал в Наркомпросе (куда был приглашен Н.К. Крупской) в разработке учебных программ и в написании книг в масштабах как раз всей страны. Да, по его книгам учились НЕ ВСЕ (не троечники, точно), а наиболее любознательные. Но это были не единицы, – таких было в стране очень много, – миллионы. И это не просто фигура речи. (Достаточно взглянуть на тиражи его книг.) А многие (снова миллионы!) становились любознательными благодаря Перельману.

Перельман был, безусловно, гениальным методистом, знавшим особые приемы того, как увлечь читателя. Но этого было бы мало, чтобы приобрести всесоюзное признание. Он жил интересами своей страны, поэтому и был интересен народу страны. Он был в курсе физических деталей катастрофы парохода «Челюскин» и подъёма ледокола «Садко» (и обсуждал их со своими читателями), рассказывал о физической стороне дела затяжного прыжка парашютиста Евдокимова (о движении в среде с сопротивлением, зависящим от скорости), рассказывал о мировых рекордах подъема советских стратостатов на высоты 19 и 22 км (1933 и 1934 гг.).

Перельман был не просто в курсе развития ракетного дела в СССР. В 1924 г. в Москве возникла Секция межпланетных сообщений, преобразованная позже в Общество изучения межпланетных сообщений, членами которого были Ф.Э. Дзержинский, К.Э. Циолковский, Ф.А. Цандер. И в том числе Я.И. Перельман. В 1931–1933 годах он – член президиума ЛенГИРД – Ленинградской группы изучения реактивного движения. Московская группа работала под руководством С.П. Королева. (В шутку гирдовцы называли себя Группой Инженеров, Работающих Даром.) Перельман, владевший пятью языками, делал систематические обзоры иностранной научно-технической литературы.

Но Перельман не был только переводчиком, как не был «чистым» преподавателем или «чистым» методистом. Совместно с инженером А.Н. Штерном Яков Исидорович разработал проект противоградовой ракеты, выполнив необходимые для этого расчеты.

Он активно общался с ведущими учеными страны. Например, в рамках Дома занимательной науки, методический совет которого он воз-

главлял, – с академиками Д.С. Рождественским, А.Е. Ферсманом, А.Ф. Иоффе, Н.И. Вавиловым.

Будем откровенны, бывают и скучные преподаватели, даже скучные популяризаторы науки. Многие ли из нас скажут, что не могли оторваться от чтения книги по физике?! Увы, не многие. Увы, увы, увы!!! («Троекратное УВЫ!», как говорил Марк Твен.) Я.И. Перельман был, точно, АНТИСКУЧНЫМ. Многие места его книг автор статьи помнит с детства.

Не о всякой книге такое скажешь. Иногда бывает трудно вспомнить, о чем вообще была иная книга, вспомнить хоть одну мысль из нее. С Перельманом всё наоборот: трудно сосредоточиться на чем-то одном, потому что ОЧЕНЬ уж многое ОЧЕНЬ интересно.

Автор настоящей статьи с самого начала ее написания понимал, что обязательно надо дать слово самому Перельману. Можно ведь сколько угодно восторженно говорить, например, о музыке Баха, Моцарта или Бетховена, но если не дать послушать ее, это будет совершенно бесполезным делом. Рассказ о симфонии Моцарта не передаст ее красоту.

Автор настоящей статьи планирует написать серию статей с подборкой задач из разных книг Я.И. Перельмана. Интересных задач в них – море, поэтому ограничиться одной статьей автор не видит возможности. Это всё равно, что рассказать о музыке Баха, но ограничиться лишь его органными сочинениями.

Подбирая задачи, автор, естественно, руководствовался собственным вкусом. Другой составитель выбрал бы, вероятно, другие задачи. В книгах по физике автору больше всего нравились «задачи про жизнь» (не просто о том, как решать уравнения). Перельман обладал удивительной способностью в обыденной жизни видеть удивительное.

Как Перельман достигал того, что был интересен? – О чем-то он сам рассказал в своей статье 1939 года. Вот несколько мест из нее.



Мы рано перестаем удивляться, *рано утрачиваем способность, которая побуждает интересоваться вещами, не затрагивающими непосредственно нашего существования.*

То, что живо занимало нас, когда нам «были новы все впечатления бытия», перестаёт привлекать внимание, становясь привычным. ***Вода была бы, без сомнения, самым удивительным веществом в природе, а Луна – наиболее поразительным зрелищем на небе, если бы то и другое не попадалось на глаза слишком часто.*** *Привычка угашает интерес; на явлениях, совершающихся вокруг нас поминутно, трудно даже сосредоточить внимание. Находить в старом новое – удел гения.*

Кто вздумал бы судить о занимательной науке исходя только из буквального смысла карамзинского слова «занимательно-

ный», тот, вероятно, отождествил бы её с наукой развлекательной, увеселительной. Однако простая справка в «Толковом словаре русского языка» показывает, что сущность дела здесь вовсе не в простой развлекательности: «занимательный – возбуждающий интерес, внимание».

Но мне хотелось бы рассказать здесь о занимательной науке не тремя словами, а отметить подробно её главные особенности, отличающие её от других течений в популяризации знаний.

Прежде всего, ***это течение не берётся популяризировать всё на свете, всю науку в полном её объеме. Оно обслуживает ограниченный, но весьма ответственный участок – элементарные основания наук, которые далеко не всегда усваиваются как следует в школе.*** *Занимательная наука начинает с пополнения пробелов школьной подготовки. Ещё* ***Платон говорил: «Круглое невежество – не самое большое зло; накопление плохо усвоенных знаний ещё хуже».*** *Не желая способствовать этому худшему злу, занимательная наука не спешит знакомить с последними достижениями науки, минуя первые её страницы.*

Нет смысла рассказывать об особенностях недавно открытой «тяжёлой воды» такому слушателю, который ещё не знаком со свойствами воды обыкновенной. Зачем говорить о космических лучах тому, кто не знает основных законов оптики? Такая погоня за научной сенсацией ведёт к насаждению вредного зазнайства, которое хуже честного неведения.

Вторая особенность занимательной науки в том, что ***приемы её не исключают работы ума слушателя, а, напротив, побуждают мысль работать.***

Умственный труд неразрывно связан с приобретением прочных знаний, и занимательная наука ничуть не стремится освободить от него. Она желает лишь сделать этот труд интересным, а потому и приятным, стремится опровергнуть тысячелетнюю поговорку о горьком корне учения.

Занимательная наука стремится к тому, чтобы привычная вещь, давно знакомое явление, утратившее в наших глазах интерес, показывалось с новой, необычной, подчас неожиданной стороны. Новизна подстрекает интерес, а интерес помогает сосредоточить внимание и будит работу мысли.

«Но к чему все эти ухищрения? – возразят, пожалуй, иные читатели. – Разве сама по себе наука не увлекательна, что нужно искусственно поддерживать к ней интерес?» Спору нет, наука бесконечно интересна, но для кого? Для того, кто в неё углубился, кто овладел её методами, а не для того, кто стоит лишь в её преддверии. ***Популяризатор не может возлагать надежд на увлекательность самого предмета и освободить себя от забот о поддержании внимания читателя или слушателя.*** *Он должен неустанно наблюдать за тем, следуют ли за ним читатели или готовы его покинуть. Если он не овладел вниманием читателя, все его усилия пропадут даром, как бы увлекательна ни была сама по себе излагаемая им тема. «Первой и последней, безапелляционной инстанцией является читатель, – писал К.А.Тимирязев в предисловии к своей книге «Жизнь растения». – Специалист может находить своё изложение добросовестным, преодолевающим значительные трудности, но, если оно просто не нравится читателю, оно уже не достигает своей цели и, следовательно, осуждено»*

Значит ли это, что ***надо превратить обучение в род забавы? Нет, и занимательная наука ни в какой мере не повинна в таком грехе. Роль развле-***

кательного элемента в ней как раз обратная: не науку превращать в забаву, а, напротив, забаву ставить на службу обучению. *К тому же, раскрывая неожиданные стороны в как будто знакомых предметах, метод занимательной науки углубляет понимание и повышает наблюдательность. Все это далеко от превращения науки в развлечение!*

А теперь – несколько примеров из книг Я.И. Перельмана. Другие примеры будут в последующих статьях.

Начнем с самой первой книги Я.И. – «Занимательной физики», появившейся в 1913 г. (начал работать над ней Перельман еще в 1908 г.)

Что за странное название – «Занимательная физика»? Разве физика, наука строгая, может быть занимательной? ... – сказал будущий издатель Перельмана П.П. Сойкин. – *...Ваша «Занимательная физика», чего доброго, еще может стать вызовом физике гимназической. Подумайте об этом ...* Перельман, безусловно, подумал об этом, но как сказано человеком, знавшим Я.И. [2], *он не питал симпатий к абстрактным «казенным» учебникам по физике ... отдавал себе отчет в том, что его «ЗФ» не призвана заменить официальные пособия; она должна будет рассказать о физических явлениях совсем по-иному и иным языком.*

1. ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА [7,10]



1.2. Пуля и воздух

«*Что воздух мешает полету, знают все, но лишь немногие представляют себе ясно, насколько велико это тормозящее действие воздуха. Большинство людей склонны думать что такая нежная среда, как воздух, которого мы обычно даже и не чувствуем, не может сколько-нибудь заметно мешать стремительному полету ружейной пули.*

Но взгляните на рис. 28, и вы поймете, что воздух является для пули препятствием чрезвычайно серьезным. Большая дуга на этом чертеже изображает путь, который пролетела бы пуля, если бы не существовало атмосферы. Покинув ствол ружья (под углом 45°, с начальной скоростью 620 м/сек). Пуля описала бы огромную дугу в 10 км высотой; дальность полета пули составила бы почти 40 км. В действительности же пуля при указанных условиях описывает сравнительно небольшую дугу и дальность ее полета

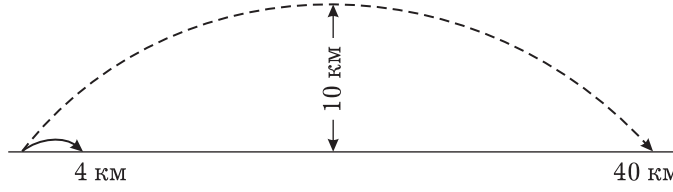


Рис. 28. Полет пули в пустоте и в воздухе. Большая дуга изображает путь, какой описала бы пуля, если бы не существовало атмосферы. Маленькая дуга слева – действительный путь пули в воздухе

составляет 4 км. Изображенная на том же чертеже дуга эта почти незаметна рядом с первой; таков результат противодействия воздуха! Не будь воздуха, из винтовки можно было бы обстреливать неприятеля с расстояния 40 км, взметая свинцовый дождь на высоту 10 км!»

Задачка о полете пули закончилась очень быстро. Но рисунок из книги Перельмана еще долго (если угодно, много лет) стоял перед глазами автора статьи. Ведь он, как и многие, так долго привыкал к школьным задачкам типа «Мальчик бросает мяч со скоростью такой-то. Определите, как далеко он может забросить мяч. *Сопротивлением воздуха пренебречь.*» Все мы много раз читали в разных задачах эти слова «*Сопротивлением воздуха пренебречь.*» И мы им пренебрегали в задачах не только про мячи, но про снаряды, летящие из миномета. Понятно, что в случае снарядов мы решали просто учебную задачу, которая имела весьма отдаленное отношение к реальным снарядам. А что же в случае мальчика, бросающего мяч?

1.2. Когда хочется доисследовать задачу

Во времена Я.И. Перельмана не было компьютеров. Но мы живем в наше время, когда компьютер – в каждом доме. Автор статьи написал очень короткую компьютерную программу (десятка полтора коротких строк), воспользовавшись средствами *MATHEMATICA*. Она единообразно рассчитывала движение разных «тел, брошенных под углом к горизонту» – от спортивного ядра до артиллерийских снарядов и автоматных (винтовочных) пуль (правда, шарообразной формы ☺). Результаты численных расчетов представлены на трех нижеследующих рисунках. В случае спортивного ядра сопротивление уменьшает дальность полета крайне незначительно: 19,87 м против 20 м для случая движения ядра в вакууме (рис. 1).

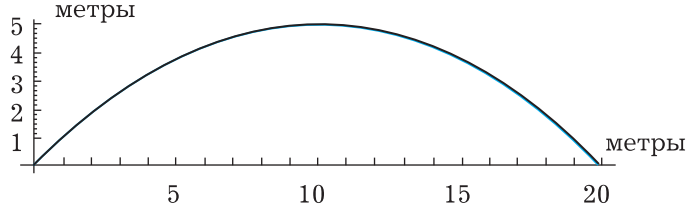


Рис. 1. Сравнение траекторий полета спортивного ядра без учета и с учетом сопротивления воздуха, $m = 7$ кг, $V_0 = 14$ м/с. Две траектории сложно отличить друг от друга

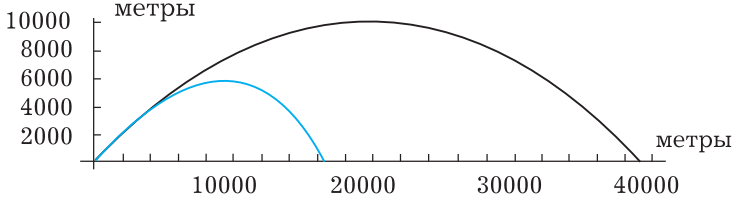


Рис. 2. Сравнение траекторий полета снаряда без учета и с учетом сопротивления воздуха, $m = 50$ кг, $V_0 = 620$ м/с

В случае тяжелого снаряда, вылетающего с большой скоростью, реальная дальность полета составляет примерно 40% от дальности полета без атмосферы (рис. 2). В случае пули, которая значительно легче снаряда, при той же начальной скорости, что у снаряда, реальная дальность полета пули составляет перельмановские 10% от дальности полета пули в «безвоздушной атмосфере» (рис. 3).

Попробуйте самостоятельно разобраться, в какой мере сопротивление воздуха влияет на движение космического корабля «Союз». Считать, что масса космического корабля на старте вместе с горючим составляет примерно 300 т, суммарная сила тяги всех четырех двигателей первой ступени – 4×10^6 Н. Силу сопротивления со стороны воздуха считать пропорциональной квадрату скорости $F_{conp} = \frac{\rho V^2}{2} S$, где $\rho = 1{,}3$ кг/м^3 – плотность воздуха, S – площадь сечения тела перпендикулярно встречному потоку воздуха порядка 4 м^2.

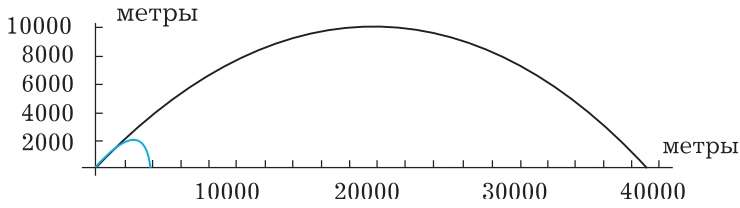


Рис. 3. Сравнение траекторий полета пули без учета и с учетом сопротивления воздуха, $m = 0{,}01$ кг, $V_0 = 620$ м/с

2. ФИЗИЧЕСКИЕ ГОЛОВОЛОМКИ [8,10]



2.1. Жюль-верновский силач и формула Эйлера

«Вы помните у Жюля Верна силача-атлета Матифу? «Великолепная голова, пропорциональная исполинскому росту; грудь, похожая на кузнечный мех; ноги – как хорошие бревна, руки – настоящие подъемные краны, с кулаками, похожими на молоты ... » Вероятно, из подвигов этого силача, описанных в романе «Матиас Сандорф», вам памятен поразительный случай с судном «Трабоколо», когда наш гигант силой могучих рук задержал спуск целого корабля.

Вот как рассказывает романист об этом подвиге:

«Судно, освобожденное уже от подпорок, которые поддерживали его по бокам, было готово к спуску. Достаточно было отнять шварто в, чтобы судно начало скользить вниз. Уже с полдюжины плотников возились под килем судна. Зрители с живым любопытством следили за операцией. В этот момент, обогнув береговой выступ, появилась увеселительная яхта. Чтобы войти в порт, яхта должна была прой-

ти перед верфью, где подготовляли спуск «Трабоколо», и, как только она подала сигнал, пришлось, во избежание всяких случайностей, задержать спуск, чтобы снова приняться за дело после прохода яхты в канал. Если бы суда, – одно, стоявшее поперек, другое, подвигающееся с большой быстротой, – столкнулись, яхта погибла бы.

Рабочие перестали стучать молотками. Все взоры были устремлены на грациозное судно, белые паруса которого казались позолоченными в косых лучах Солнца. Скоро яхта очутилась как раз против верфи, где замерла тысячная толпа любопытных. Вдруг раздался крик ужаса: «Трабоколо» закачалось и пришло в движение в тот самый момент, когда яхта повернулась к нему штирбортом! Оба судна готовы были столкнуться; не было ни времени, ни возможности помешать этому столкновению: «Трабоколо» быстро скользило вниз по наклону ... Белый дымок, появившийся вследствие трения, закрутился перед его носом, тогда как корма погрузилась уже в воду бухты (судно спускалось кормой. – Я.П.).

Вдруг появляется человек, схватывает швартов, висящий у передней части «Трабоколо», и старается удержать его, пригнувшись к земле. В одну минуту он наматывает швартов на вбитую в землю железную трубу и, рискуя быть раздавленным, держит с нечеловеческой силой в руках канат в продолжение 10 секунд. Наконец швартов обрывается. Но этих 10 секунд было достаточно: «Трабоколо», погрузившись в воду, только слегка задело, яхту и пронеслось вперед.

Яхта была спасена. Что касается человека, которому никто не успел даже прийти на помощь, – так быстро и неожиданно все произошло, – то это был Матифу».

Как изумился бы автор романа, если бы ему сказали, что для совершения подобного подвига не нужно вовсе быть великаном и обладать, как Матифу, «силою тигра». Каждый находчивый человек мог бы сделать то же самое!

Механика учит, что при скольжении каната, навитого на тумбу, сила трения достигает большой величины. Чем больше число оборотов каната, тем трение больше; правило возрастания трения таково, что, с увеличением числа оборотов в прогрессии арифметической, трение растет в прогрессии геометрической. Поэтому даже слабый ребенок, держа за свободный конец каната, 3–4 раза навитого на неподвижный вал, может уравновесить огромную силу.

На речных пароходных пристанях подростки останавливают этим приемом подходящие к пристаням пароходы с сотней пассажиров. Помогает им не феноменальная сила их рук, а трение веревки о сваю.

Знаменитый математик XVIII века Эйлер установил зависимость силы трения от числа оборотов веревки вокруг сваи. Для тех, кого не пугает сжатый язык алгебраических выражений, приводим эту поучительную формулу Эйлера:

$$F = f \cdot e^{k\alpha}.$$

Здесь F – та сила, против которой направлено наше усилие f. Бук-

вой e обозначено число 2,718 ... (основание натуральных логарифмов), k – коэффициент трения между канатом и тумбой. Буквой α обозначен «угол навивания», т.е. отношение длины дуги, охваченной веревкой, к радиусу этой дуги.

Применим формулу к тому случаю, который описан у Жюля Верна. Результат получится поразительный. Силой F в данном случае является сила тяги судна, скользящего по доку. Вес судна из романа известен: 50 тонн. Пусть наклон стапеля 1/10; тогда на канат действовал не полный вес судна, а 1/10 его, т.е. 5 тонн, или 5000 кг.

Далее, величину k – коэффициента трения каната о железную тумбу – будем считать равной 1/3. Величину α легко определим, если примем, что Матифу обвил канат вокруг тумбы всего три раза. Тогда

$$\alpha = \frac{3 \times 2\pi r}{r} = 6\pi;$$

подставив все эти значения в приведенную выше формулу Эйлера, получим уравнение

$$5000 = f \times 2{,}72^{6\pi \cdot \frac{1}{3}} = f \cdot 2{,}72^{2\pi}.$$

Неизвестное f (т.е. величину необходимого усилия) можно определить из этого уравнения, прибегнув к помощи логарифмов:

$$\lg 5000 = \lg f + 2\pi \lg 2{,}72,$$

откуда $f = 9{,}3$ кг.

Итак, чтобы совершить подвиг, великану достаточно было тянуть канат с силой лишь 10 килограммов!

Не думайте, что эта цифра – 10 кг – только теоретическая и что на деле потребуется усилие гораздо большее. Напротив, наш результат даже преувеличен: при пеньковой веревке и деревянной свае, когда коэффициент трения k больше, усилие потребуется до смешного ничтожное. Лишь бы веревка была достаточно крепка и могла выдержать натяжение, – тогда даже слабый ребенок мог бы, навив веревку 3–4 раза, не только повторить подвиг жюль-верновского богатыря, но и превзойти его.»

ПОЯСНЕНИЕ для современного школьника. С времен Перельмана принятая в физике терминология несколько изменилась. Под *весом* «5 тонн, или 5000 кг» современный школьник должен понимать *силу тяжести*, которая действует на массу в 5000 кг, т.е. примерно 50 кН. Аналогично с силой $f = 9{,}3$ кг у Перельмана.

2.2. Самоуравновешивающаяся палка

На указательные пальцы расставленных рук положите гладкую палку, как показано на рис. 24. Теперь двигайте пальцы навстречу друг другу, пока они сойдутся вплотную. Странная вещь! Окажется, что в этом окончательном положении палка не опрокидывается, а сохраняет равновесие. Вы проделываете опыт много раз, меняя первоначальное положение пальцев, но результат неизменно тот же: палка оказывается уравновешенной. Заменив палку чертежной линейкой, тростью с набалдашником, бильярдным кием, половой щеткой, – вы заметите ту же особенность. В чем разгадка неожиданного финала? Прежде всего ясно следующее: раз

палка оказывается уравновешенной на примкнугых пальцах, то ясно, что пальцы сошлись под центром тяжести палки (тело остается в равновесии, если отвесная линия, проведенная из центра тяжести, проходит внутри границ опоры).

Когда пальцы раздвинуты, большая нагрузка приходится на тот палец, который ближе к центру тяжести палки. С давлением растет и трение: палец, более близкий к центру тяжести, испытывает большее трение, чем удаленный. Поэтому близкий к центру тяжести палец не скользит под палкой; двигается всегда лишь тот палец, который дальше от этой точки. Как только двигавшийся палец окажется ближе к центру тяжести, нежели другой, пальцы меняются ролями; такой обмен совершается несколько раз, пока пальцы не сойдутся вплотную. И так как движется каждый раз только один из пальцев, именно тот, который дальше от центра тяжести, то естественно, что в конечном положении оба пальца сходятся под центром тяжести палки.

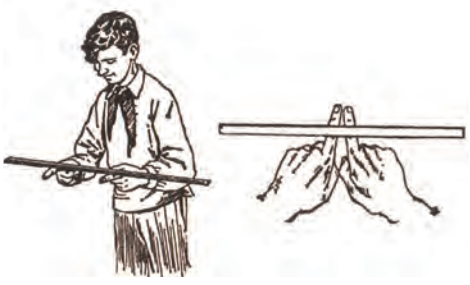


Рис. 24. Опыт с линейкой. Справа – конец опыта

Прежде чем с этим опытом покончить, повторите его с половой щеткой (рис. 25, вверху) и поставьте перед собой такой вопрос: если разрезать щетку в том месте, где она подпирается пальцами, и положить обе части на разные чашки весов (рис. 25, внизу), то какая чашка перетянет – с палкой или со щеткой?

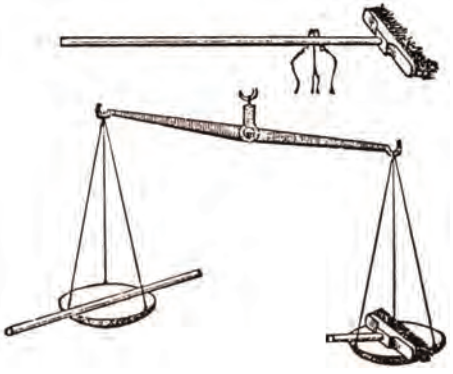


Рис. 25. Тот же опыт с половой щеткой. Почему весы не в равновесии?

Казалось бы, раз обе части щетки уравновешивали одна другую на пальцах, они должны уравновешиваться и на чашках весов. В действительности же чашка со щеткой перетянет. О причине нетрудно догадаться, если принять в расчет; что, когда щетка уравновешивалась на пальцах, силы веса обеих частей приложены были к неравным плечам рычага; в случае же весов те же силы приложены к концам равноплечего рычага.

Для «Павильона занимательной науки» в Ленинградском парке культуры мною был заказан набор палок с различным положением центра тяжести; палки разнимались на две обычно неравные части как раз в том месте, где находился центр тяжести. Кладя эти части,

на весы, посетители с удивлением убеждались, что короткая часть тяжелее длинной.»

Описанный Я.И. Перельманом опыт с линейкой (и не только с ней) автор статьи много раз проделывал вместе с учащимися Олимпиадной школы при МФТИ. Опыт неизменно производил сильное впечатление на учащихся. Всё похоже на фокус, но фокус, который получается у каждого с первой попытки!

Иногда Перельман возвращался к понравившимся ему задачам. Не исключено, впрочем, и то, что он не был удовлетворен своим предыдущим объяснением и искал новые слова.

3. ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА [9, 10]

3.1. Странный карандаш



Возьмите длинный карандаш и положите его на вытянутые горизонтально указательные пальцы обеих рук (рис. 10). Приближайте теперь пальцы друг к другу так, чтобы карандаш оставался горизонтальным. Вы тотчас заметите, что карандаш станет скользить сначала по одному пальцу, а затем по другому и т. д. Если вместо карандаша взять длинную прямую палку, то это повторяется довольно много раз.

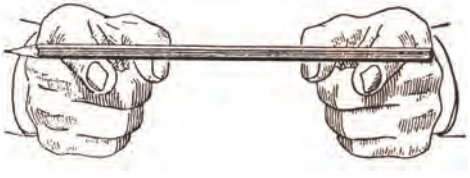


Рис. 10

Чем же объясняется это странное явление?

Разгадать его нам помогут так называемый закон Кулона–Амонтона и закон, гласящий, что сила трения при скольжении меньше, чем сила трения покоя. Закон Кулона–Амонтона утверждает, что сила трения T в тот момент, когда начинается скольжение, равна некоторой числовой величине f, характерной для данных трущихся тел, умноженной на то давление N, которое оказывает тело на опору. Математически этот закон может быть записан в следующем виде:

$$T = f \cdot N.$$

Попробуем теперь объяснить странное поведение карандаша, пользуясь этими двумя законами. Если в самом начале карандаш расположен так, что на один палец он давит больше, чем на другой, а это почти всегда так случится, то и сила трения на первом пальце будет больше, чем на втором. Это непосредственно видно из формулы Амонтона. Эта сила трения и не позволит карандашу скользить по той опоре, давление на которую больше. Когда пальцы сближаются, центр тяжести карандаша приближается к скользящей опоре, и давление на нее возрастает. Но сила трения при скольжении меньше, чем при покое, поэтому скольжение будет еще долго продолжаться. В тот момент, когда давление на скользящей опоре

значительно увеличится, скольжение на ней прекратится: его остановит увеличившаяся сила трения. Скользящей опорой станет другой палец. Далее явление повторится, и обе опоры станут чередоваться.»

Объяснения Перельмана задач о самоуравновешивающейся палке и странном карандаше могут не удовлетворить продвинутого в физике и математике читателя, к каковым относит себя и автор статьи. В таком случае можно обратиться к книге А. Зоммерфельда [11]. Там есть место и словам и уравнениям.

В знаменитом «Физическом фейерверке» Дж. Уокера [12] важное пояснение к задаче **2.22. Линейка, скользящая по пальцам** дает на стр. 183 редактор перевода И.Ш. Слободецкий: *«Движение пальцев будет выглядеть так же и при одинаковых коэффициентах трения скольжения и трения покоя».*

Задача о странном карандаше (или линейке), безусловно, совсем не простая. Попробуйте, например, после того, как сдвинули пальцы под центром тяжести карандаша, **раздвигать** их! – Получится **другой результат**: карандаш (линейка) будет скользить лишь **по одному пальцу**! Попытайтесь объяснить отличие от случая, когда пальцы рук смыкали. Автор не утверждает, что это просто. Эксперимент в данном случае поставить значительно легче, чем построить теорию явления. И экспериментально определить положение центра тяжести легче, чем рассчитать его координаты.

Литература

1. *Перельман Я.И.* Знаете ли вы физику? – 2-е изд. – М.– Л.: Главная редакция научно-популярной юношеской литературы, 1935. – 340 с.

2. *Мишкевич Г.* Яков Перельман. Доктор занимательных наук. – М.: «Russian Chess House/ Русский Шахматный Дом», 2020. – 224 с. (1-е издание выходило в 1986 г. в издательстве «Знание».)

3. *Ланге В.Н.* Физические парадоксы, софизмы и занимательные задачи. – М.: Просвещение, 1967. – 168 с. *Ланге В.Н.* Экспериментальные физические задачи на смекалку. – М.: Наука, 1974. – 96 с.

4. *Ландау Л.Д., Румер Ю.Б.* Что такое теория относительности. – М.: Изд-во Советская Россия, 1975. – 112 с. (*Ландау* о своей книге шутил: «*Два жулика уговаривают третьего, что за гривенник он может понять, что такое теория относительности*».)

5. *Мухин К.Н.* Занимательная ядерная физика. – 2-е изд. – М.: Атомиздат, 1972. – 296 с.

6. *Тарасов Л.В.* Физика в природе. – М.: Вербум – М., 2002. – 352 с.

7. *Перельман Я.И.* Занимательная физика, книги 1 и 2. – М.: АСТ, 1999. – 480 с.

8. *Перельман Я.И.* Физические головоломки. – М.: АСТ: Астрель: ХРАНИТЕЛЬ, 2007. – 378 с. (Занимательная физика, книга 2)

9. *Перельман Я.И.* Занимательная механика. Знаете ли вы физику? – М.: АСТ, 1999. – 464 с.

10. *Перельман Я.И.* Занимательные науки. – М.: АСТ: Астрель: ХРАНИТЕЛЬ, 2007. – 587 с. 1. Занимательная алгебра. 2. Занимательная геометрия. 3. Занимательная физика. 4. Физические головоломки. 5. Занимательная механика.

11. *Зоммерфельд А.* Механика. – Москва-Ижевск: НИЦ «РиХД», 2001. – 368 с.

12. *Уокер Дж.* Физический фейерверк. – М.: Мир, 1989. – 304 с.