

Ворона — хвостом вперед?

В. КОЗЛОВ

ВОЗМОЖНО, ПРОЕЗЖАЯ В ОКРЕСТНОСТЯХ КАКОГО-ЛИБО аэродрома (аэропорта) на электричке, поезде или автомобиле, вам приходилось наблюдать из окна удивительное зрелище. Самолет, взлетающий вдалеке или идущий на посадку почти параллельно дороге, как будто замирает в воздухе или даже начинает двигаться... хвостом вперед. (Здесь, конечно, речь не идет о самолетах вертикального взлета и посадки, для которых такое движение реально возможно.) Подобным же образом иногда выглядит из окна движущегося транспорта и полет птичьих стай или одиночных крупных птиц.

Попытаемся разобраться в причинах, вызывающих у наблюдателя такую иллюзию. Вы, наверное, припоминаете (если, конечно, наблюдали такой эффект), что во всех упомянутых выше случаях на переднем плане всегда находи-



лись какие-то крупные объекты: большие здания, деревья, кусты и т.п., а самолет или птицы летели далеко за ними, на заднем плане. И это — ключ для объяснения эффекта.

Однако сначала рассмотрим более простую ситуацию. Предположим, что движения лыжника, вороны и реактивного самолета происходят в одной и той же вертикальной плоскости с постоянными скоростями. Высоты полета вороны и самолета также не изменяются. Пусть в некоторый момент времени t_0 , как условно показано на рисунке 1,

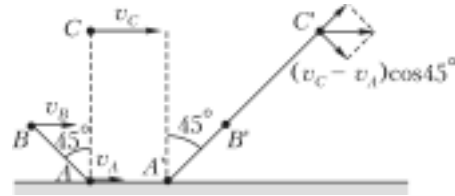


Рис. 1

самолет (точка C) находится в зените относительно лыжника (точка A), а угол между направлениями на самолет и на ворону (точка B) равен 45° , причем ворона летит позади лыжника. Спустя некоторое время Δt лыжник, ворона и самолет (соответственно, точки A' , B' и C') оказываются на одной прямой, образующей с вертикалью угол 45° . А это означает, что скорость углового перемещения по небосводу относительно лыжника у вороны больше, чем у самолета.

Определим отношение мгновенных угловых скоростей вороны и самолета относительно лыжника для этого момента времени. Мгновенная угловая скорость равна проекции относительной скорости вороны $\vec{v}_B - \vec{v}_A$ или самолета $\vec{v}_C - \vec{v}_A$ на нормаль к радиус-вектору соответствующей точки, деленной на длину этого радиуса-вектора:

$$\omega_B = \frac{(v_B - v_A) \cos 45^\circ}{A'B'} = \frac{(v_B - v_A) \cos^2 45^\circ}{h_B},$$

$$\omega_C = \frac{(v_C - v_A) \cos 45^\circ}{A'C'} = \frac{(v_C - v_A) \cos^2 45^\circ}{h_C},$$

где v_A — скорость лыжника, h_B и h_C — высоты полета вороны и самолета соответственно. По условию рассматриваемой задачи,

$$h_B = \frac{(v_B - v_A) \Delta t}{2 \operatorname{tg} 45^\circ}, \quad h_C = \frac{(v_C - v_A) \Delta t}{\operatorname{tg} 45^\circ}.$$

Используем это для вычисления отношения угловых скоростей и получим

$$\frac{\omega_B}{\omega_C} = 2.$$

Таким образом, несмотря на то что характерная скорость вороны значительно меньше скорости реактивного самолета, ее скорость углового перемещения по небосводу, с точки зрения движущегося лыжника, в конкретной ситуации оказалась в 2 раза больше соответствующей угловой скорости самолета. И у бегущего лыжника создается впечатление, что ворона перемещается по небосводу быстрее самолета. Причина этого — в существенной разнице в высотах полета птицы и самолета. Читатель может задаться типичными значениями скоростей лыжника, вороны и самолета и самостоятельно оценить наблюдаемый эффект.

Вернемся теперь к проблеме «зависающего или движущегося хвостом вперед» самолета. Действие, конечно, происходит в трехмерном пространстве. Однако для простоты можем предположить, что векторы скоростей самолета и наблюдателя параллельны друг другу и направлены в разные сторо-

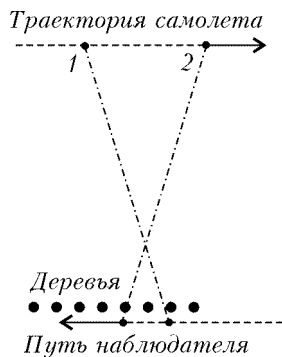


Рис. 2

домов и т.п.), могут значительно превышать скорость углового перемещения самолета относительно движущегося наблюдателя.

Рисунок 2 схематично поясняет, как возникает иллюзия «летающего хвостом вперед» самолета. Движущийся (например, в автомобиле) наблюдатель сначала увидит самолет (точка 1) перед ближним к нему объектом (деревом). Затем самолет может быть закрыт на короткое время от наблюдателя этим объектом. По истечении еще некоторого времени наблюдатель снова увидит самолет (точка 2), но с другой

стороны от находящегося перед наблюдателем объекта (дерева). Заведомо зная, что дома, деревья и т.п. неподвижны, наблюдатель воспринимает видимые изменения положения самолета относительно таких объектов как его движение «хвостом вперед». Этому может также благоприятствовать значительная удаленность самолета от наблюдателя. В этом случае направление на самолет с течением времени изменяется очень мало, а расположенные вблизи дороги крупные объекты «проносятся» за окном движущегося транспорта с относительно большой угловой скоростью.

Однако воспринимаемый человеком любой зрительный образ не является вполне объективным отражением реальной действительности. Дело в том, что в формировании воспринимаемого образа активно участвует мозг. Он «управляет» поступающую к нему зрительную информацию за счет известных фактов. В частности, из повседневного опыта человеку известно, что дома, деревья или кусты не могут перемещаться по неподвижной поверхности земли. Поэтому при наблюдении за летящим вдаль самолетом наш мозг, обрабатывая поступающую зрительную информацию, «автоматически» оценивает перемещения самолета относительно заведомо для него неподвижных на переднем плане объектов. И тогда, вследствие объективно меньшей относительной угловой скорости, возникает иллюзия зависающего в воздухе или летящего назад («хвостом вперед») самолета.

кам, отсюда — гривенник), пядь (расстояние между концами растянутых большого и указательного пальцев, равно 17,78 см) и др.

Тогда же был установлен и межповерочный интервал. Так, в грамоте князя Всеволода (XII в.) написано: «...торговая вся весы мерила и скалвы вощаные и пуд медовый и гривенка рублевка иже на торгу промеж людьми блюсти без пакости ни умалчивать ни умножати и на всякий год взвешивати...» (Надо полагать, скалвы — это единица меры воска, пуд — меда, а гривенка рублевка — денежная единица.) В той же грамоте указывались и санкции для нарушителей единства измерений: «...а скривится а кому приказано и того казнити близко смерти а живот его на трое...». В общем, плохо будет нарушителю.

Дальнейшее развитие законодательная метрология получила при Петре I. В одном из его указов написано: «По указу великого государя велено чтоб у торговых и мастеровых людей были весы и фунты у всех правдивые и заклеямены годовым клеймом...»

Однако в научных исследованиях роль единства измерений была осознана относительно поздно, лишь в XVIII веке, когда М.В. Ломоносов впервые ввел научные понятия меры и веса. Дальнейшее развитие метрологии как прикладной науки обеспечил во второй половине XIX века Д.И. Менделеев. Уместно привести высказывание знаменитого физика конца XIX века У. Томсона (лорда Кельвина): «Каждая величина известна лишь в той мере, в которой ее можно измерить».

Поговорим об измерениях в естественных науках на примере физики. Измерение — неотъемлемый атрибут физики. Как наука в нынешнем ее понимании, она стала оформляться в XVII веке (галилеево-ньютоновы времена). В то время она имела название «натуральная философия».

Чтобы начать изучать что-нибудь, необходимо это «что-нибудь» определить. Раз речь идет об окружающем мире, значит, это «что-нибудь» надо сначала увидеть, т.е. выделить из окружения (фона), установить различие между

От пяди до Вселенной

С. ИНШАКОВ

ЧЕЛОВЕЧЕСТВО ИЗДАВНА ПОЛЬЗОВАЛОСЬ В СВОЕЙ практике измерениями. Вначале это были измерения, связанные с торгово-экономической деятельностью. Первое известное упоминание о точности и достоверности измерений встречается в Библии. Так, в одной из книг Пятикнижия сказано: «Не делайте неправды в суде, в мере, в весе и в измерении... Да будут у вас весы верные, гири верные, ефа верная...» (Ефа — мера объема для сыпучих веществ, равная 52,48 литра.) А в другой книге устанавливается основная обязанность инспектора по обеспечению единства измерений: «В кисе твоей не должны быть двоякие гири, большие и меньшие... В доме твоём не должна быть двоякая ефа, большая и меньшая.. Гиря у тебя должна быть точная и правильная, и ефа у тебя должна быть точная и правильная, чтобы продлились дни твои на земле...» (Киса — это сумка. В современном русском языке сохранилось однокоренное слово — кисет, обозначающее мешочек для махорки.)

В Древней Руси меры появились тоже очень давно, однако раздробленность княжеств привела к тому, что меры длины, веса и объема по своему номинальному значению у разных князей различались в 1,5 — 2 раза. Единообразные меры возникли на Руси лишь с объединением княжеств в одно государство. Это — золотник (в последнем варианте 4,266 г), сажень (2,134 м), гривна (сначала денежная и весовая единица, затем счетно-денежная, равная 10 копей-