

О ПАДЕНИИ ТЕЛ. О ТРЕНИИ

Leonardo da Vinci

A. 21 v.

Совершенная сфера, находящаяся на совершенной плоскости, не будет иметь движения, пока не сообщешь его ей.

C.A. 210 v. a.

Сферическое тяжелое тело получит движение тем более быстрое, чем более касание его с местом, где оно движется, будет удалено от перпендикуляра центральной его линии. Насколько ac длиннее ab , настолько медленнее шар будет падать по своему пути ac , нежели по линии ab , и настолько медленнее, сколько раз часть p содержится в части o , потому что при m полюсе шара, если бы над m была только часть o и не имела бы незначительного противодействия p , то она падала бы тем более быстро, сколько o содержится в p , то есть если p содержится в o сто раз, то она упадет медленнее на одну сотую того времени, в которое упала бы, если бы части p не было.

Br.M. 12 r.

Та тяжесть оказывается большей и движется с большей скоростью и по более длинному пути, которая по менее наклонной линии опускается.

Br.M. 76 v.

Если по двум различным наклонам будут опускаться два груза и отношение между наклонами и грузами будет одно и то же, тогда в грузах будет одна и та же быстрота опускания.

G. 39 r.

Равные тяжести, помещенные на равных наклонах, будут иметь равные движения с равными скоростями и временами.

G. 75 r.

Однородное тяжелое тело, опускающееся по наклону, делит вес свой по двум различным направлениям.

Доказательство. Пусть ab будет движимое, расположенное на наклоне abc ; я утверждаю, что вес тяжелого тела ab делит тяжесть его по двум направлениям, а именно по линии bc и линии pm ; почему иногда вес для одного направления больше, чем для другого, и каков тот наклон, который делит оба веса на равные части, об этом сказано будет в книге «О тяжестях».

A. 24 r.

Вода, падающая по линии более близкой к перпендикуляру, опускается быстрее и производит больший удар и грузность в месте, о которое ударяется.

С.А. 346 v. d.

Спрашиваю: какой из канатов, f, n или m, более ощущает тяжесть подвешенных грузов в 10 фунтов, и на сколько, и почему?

С.А. 354 v.

Всякая тяжесть в себе самой весит по направлению своего движения, в направлении к тому месту, куда движется.

Е. 57 r.

О движении, совершаемом тяжестью

Всякая тяжесть движется в ту сторону, с какой больше весит.

И движение тяжести совершается в ту сторону, где она меньшее сопротивление находит.

Более тяжелая часть движущихся в воздухе тел дает направление их движениям.

Та тяжесть более медленно опускается в воздухе, которая падает большей шириной.

Следует, что более быстро опускаться будет та тяжесть, которая сократит свою поверхность.

Свободное падение всякой тяжести совершается по линии ее наибольшего диаметра.

Та тяжесть делается более быстрой, которая сокращается в более компактное тело.

Опускание тяжести тем более медленно, чем больше вширь она простирается.

Е. 37 r.

Птица тем более разворачивает крылья, чем более медленное движение имеет ее полет, и это на основании 7-й «Элементов», гласящей: «То тело будет легче, которое большую ширину приобретает».

Е. 37 v.

Птица, которая опускается, тем более быстрой становится, чем более сжимает крылья и хвост. Доказывается 4-й «О тяжести», гласящей: «То тяжелое тело опускается быстрее, которое меньший объем воздуха занимает».

Та птица оказывается более быстрой при опускании своем, которая опускается по линии меньшего наклона. Доказывается 2-й «О тяжести», гласящей: «То тяжелое тело быстрее, которое опускается по более короткому пути».

Птица, опускаясь, замедляет движение свое тем более, чем шире разворачивается. Доказывается 5-й «О тяжести», гласящей: «То тяжелое тело медленнее опускается, которое шире простирается».

Птица, отражаясь, тем выше поднимается, чем шире делается; доказывается 15-й «О пространственном движении», гласящей: «То тяжелое тело, которое по линии движения своего меньшее количество воздуха занимает, скорее сквозь него проходит».

Следовательно, наибольшее расширение крыльев производив наибольшее сокращение толщины птицы, и, таким образом, импульс ее отраженного движения испытывает меньшее препятствие, отчего она больше поднимается в конце этого отражения.

G. 50 v.

Эти три судна одинаковой ширины, длины и глубины, будучи движимы равными силами, произведут разные скорости движения; ибо судно, поворачивающее более широкую свою часть вперед, - более быстро и по форме подобно птицам и рыбам-долгоперам, и судно это рассекает по бокам и перед собою большое количество воды, которая затем круговращениями своими толкает судно на две трети сзади, и обратное делает судно dc , а ef - по движению среднее между двумя вышеуказанными.

M. 44 v.

В одинаково плотном воздухе падающий груз в каждый отрезок времени увеличивается на единицу движения по сравнению с предшествующим отрезком времени и также по сравнению с предшествующей скоростью на единицу скорости. Так в двойное время удваивается длина падения, равно как и скорость движения.

Дабы на опыте изучить соотношение интервалов при падении воды одинакового и однородного веса, пусть будет поставлена внизу по перпендикулярной линии доска и пусть будет хорошенько покрыта глиною, смешанною с паклей, и с ней пусть будет в виде книги соединена доска op , и пусть можно ее сразу, как видишь, стягивать двумя веревками; и на верхнем конце этой покрытой глиной доски пусть будет помещен нижний конец трубки, снизу закупоренной и наполненной шариками одинакового веса и формы; затем хорошенько укрепи трубку и покрытую глиной доску, и открой трубку, и, когда увидишь первый шарик на середине доски, внезапно приведи в действие противовес, и обе доски сожмутся, все падавшие шарики застрянут в этой глине, и ты сможешь затем измерить соотношение различных их интервалов. И если захочешь ты увидеть падение воды, сделай то же с просом, высыпавшимся из четверика, и взвесь затем от локтя к локтю и увидишь, который из локтей содержит его более.

T.A.V, 30.

Удар, производимый непрерывно падающей водой о место, о которое она ударяется, оказывается не такой силы, каков удар твердого тела из вещества, весящего столько же, сколько то же количество воды. Ибо вес производящей удар воды опустился в первом слое на всю высоту ее падения и опустится на десять локтей, когда второй опустится на девять, третий на восемь и четвертый на семь и т. д., так что когда первый производит удар, последний опускаться еще не начал. Но когда падает твердое тело, движение ударяющейся части такое же, каково движение части противоположной.

E. 27 v.

Та стенобитная машина, которая производит большой треск, - меньшего действия. Доказывается 9-й «Об ударе», гласящей: «Из движущихся тел при равной силе движителя и сопротивлении среды то тело, которое ударяется с тем же движением большей своей частью, больший произведет треск и меньший удар; и, наоборот, то, которое будет ударять меньшей частью, меньше произведет треска и глубже проникнет в место, испытывавшее удар». В качестве примера приведена шпага, ударяемая плашмя и острием, причем в одном случае удар производит большой шум и малое проникновение, в другом - глубокое проникновение и мало шума.

I. 120 r.

Спрашивается, в какой части криволинейного своего движения причина, которая движет, покинет движимый предмет или движимое.

Поговори с Пьетро Монти о подобных способах пускать стрелы.

А. 4 r.

Камень или другая какая тяжесть, брошенная с силой, изменит линию своего движения на середине пути. И если ты знаешь, что твой самострел стреляет на 200 локтей, встань на расстоянии ста локтей от колокольни, поставь над колокольной точку прицела и спусти стрелу; увидишь, что на 100 локтей за колокольной стрела вонзится по отвесу; и если увидишь, что это так, то это знак, что она прекратила насильственное движение и вступила в движение естественное, то есть что, будучи тяжелой, она свободно падала к центру.

Е. 35 r.

О сложном импульсе. Сложным движением называется то, которое причастно импульсу движущего и импульсу движимого, каково движение fbc , находящееся между двумя простыми, из коих одно в начале, а другое в конце, ag - в начале, cd - в конце. Первое повинуеться только движущему, а последнее зависит только от формы движимого.

Е. 50 v.

О вращательном движении. Волчок, или кубарь, который благодаря быстроте своего вращательного движения теряет ту силу, которую имеет неоднородность его тяжести вокруг центра его вращения, по причине господствующего в этом теле импульса, есть тело, которое никогда не будет клонить к наклонному положению, которого хочет неоднородность его тяжести, до тех пор, пока сила движущего это тело импульса не станет меньшей, чем эта сила неоднородности.

Но когда сила неоднородности превышает силу импульса, тогда она делается центром вращательного движения, и так тело это, вынуждаемое лечь, до конца расходует при этом центре остаток названного импульса.

И когда сила неоднородности делается равной силе импульса, тогда волчок становится наклонно и обе силы борются в сложном движении и движутся по большой окружности та и другая до тех пор, пока не установится центр второго вида вращения, при котором импульс кончает свою силу.

Ф. 13 r.

Рука, вращаемая круговым движением в сосуде наполовину с водою, производит временный (*acciden-tale*) круговорот, который откроет воздуху дно этого сосуда, и, когда движущее остановится, водоворот этот продолжит то же движение, но будет все убывать, до прекращения импульса, сообщенного ему движущим.

Ф. 15 r.

Возможно в одной и той же большой водной поверхности (*pelago*) поверхность воды, образующую дно водоворота, сделать ниже, чем та поверхность, о которую ударяется другая впадающая вода. Способ осушать пруды, граничащие с морем.

I. 78 v-r.

Иногда наблюдаются многочисленные водовороты на краях большого потока воды, и чем более подходят они к концу потока, тем большими становятся. Они создаются на поверхности водами, поворачивающими назад после произведенного более быстрым потоком удара. Воды, медленно движущиеся, ударяемые быстро движущейся массой жидкости, тотчас же меняют свое движение и приобретают указанную скорость, почему соприкасающаяся и примыкающая вода увлекается за ними насильно и отторгается от остальной; так последовательно вся эта медленно двигавшаяся вода приобрела бы быстрое движение, если бы такой поток способен был всю эту воду принять, не поднимаясь выше; а так как это невозможно, то воде этой необходимо поворотить назад и израсходовать в себе самой подобные быстрые движения. Оттого названные водовороты, различно кружась, движутся, расходуя начальные импульсы. И не остаются на месте, но, образовавшись в таком кружении, уносимы они напором воды, не меняя очертаний, почему будут сразу совершать два движения, одно - вращательное в себе, другое по течению воды, которое переносит их до тех пор, пока не разрушит.

Средина прямого пути, совершаемого тяжелыми телами, которые насильственным движением проходят сквозь воздух, будет наибольшей силы и наибольшего удара в прямо противоположащей части, нежели в какой иной части.

Причина этого та, что, когда груз выбрасывается силою своего движителя, он, хотя это выбрасывание и находится на первой ступени своей силы, встречая воздух без движения, находит его в первой стадии своего сопротивления, и хотя бы этот воздух оказывал сумму сопротивления большую, нежели сила тяжести тела, в нем толкаемого, тем не менее телу, воздействуя лишь на малую часть этого воздуха, удастся остаться победителем; почему сгоняет оно воздух с его места и, гоня, создает некоторую помеху собственной скорости. Воздух этот, будучи таким образом толкаем, толкает и гонит другой и производит за собой круговые движения, при которых движущийся в нем груз всегда оказывается центром, наподобие образуемых в воде кругов, которые делают своим центром место, куда ударился камень. В то время как каждый круг таким образом гонит другой воздух, находящийся перед своим движителем, весь по этой линии оказывается подготовленным к движению, которое тем более возрастает, чем более приближается груз, который он гонит; поэтому-то тяжесть, находя меньше сопротивления в воздухе с большей быстротой, удваивает скорость своего движения, наподобие влекомой по воде барки, которая с трудом движется при первом движении, хотя то, что ее движет, и находится в наибольшей своей силе; но, когда вода с дугообразными волнами начинает набирать движение, барка, следуя этому движению, находит слабое сопротивление, почему движется с большей легкостью.

E. 70 v.

О вещах, которые падают в воздухе

Воздух уплотняется впереди тел, которые с быстротой проходят его, делаясь тем более или менее плотным, чем скорость более или менее стремительна.

Доска однородной ширины, длины, толщины и веса на большом протяжении не сохранит начального своего наклонного движения в проходимом ею воздухе, но повернется назад и затем вперед и так извивающимся движением кончит спуск свой. И происходит это оттого, что воздух уничтожает свою однородную естественную плотность, уплотняясь под прямым углом к лицевой стороне доски, лицевой стороне,

которая ударяет и рассекает этот воздух. Но на противоположной стороне такой доски делает он обратное, так что разреженный воздух имеет меньшее сопротивление, и по этой причине эта сторона являет себя более тяжелой. Гораздо больше разреженность, которую находящийся за названной доской воздух приобретает, нежели то уплотнение, которое возникает спереди этой доски. Доказательство, почему воздух уплотняется: воздух уплотняется впереди проходящих сквозь него тел потому, что, кто толкает одну часть, не толкает всего находящегося впереди. Этому учит нас подъем воды, образующийся впереди корабля.

Свободно падающая тяжесть приобретает с каждой единицей движения единицу веса. Это вытекает из 2-го [положения] 1-й [книги], гласящего, что то тело будет тяжелее, у которого сопротивление меньше. В этом случае свободного падения тяжелых тел ясно видно из уже приведенного опыта с волной воды, что воздух такую же волну образует под падающей вещью, ибо оказывается толкаемым и с другой стороны увлекаемым, то есть образует круговую волну, помогающую толкать вниз. И вот по этим причинам воздух, устремляющийся вперед от гонящего его груза, ясно показывает, что ему не сопротивляется и, следовательно, что этому движению не мешает; потому, чем более опускается движущаяся быстрее движущей ее тяжести волна, тем дольше продолжается движение этой тяжести; и чем более последняя волна от нее удаляется, тем более облегчает она движение воздуху, соприкасающемуся с грузом.

Е. 80 r.

Воздух, облекающий тела, движется ли вместе с этими телами? Воздух, окружающий тела, движется вместе с этими телами, что показывает нам опыт, когда конь бежит по пыльным дорогам.

Движение воздуха быстрее ли того, что приводит его в движение? Воздух никогда не будет равной скорости с тем, что приводит его в движение, и это показывают нам движения уже названной, следующей за бегом коня пыли, которая в кратчайший промежуток движения поворачивает назад вихревым движением и в нем расточает до конца свой импульс.

Н/2. 6 r.

Верхняя вода будет более быстро опускаться, чем нижняя.

Т.А.V, 5.

Во всяком течении воды вблизи ее падения изгиб склона начнется раньше на поверхности, чем на дне. Доказывается предыдущим, так как если верхняя вода ab быстрее нижней cd , то вода ea будет быстрее увлекаема водою ab , нежели вода fc водою cd , и, следовательно, изгиб склона ранее начнется на поверхности, в точке g , нежели на дне, где он начинается в точке c .

С.А. 126 v. a.

Спрашивается здесь: если сосуд будет продырявлен на дне равными отверстиями наподобие решета, то какое из отверстий выльет больше воды в равный промежуток времени? Ты так поступишь для проверки на опыте и установления правила. Открывай одно отверстие зараз и определяй, сколько весит вода, вытекшая с высоты одного локтя - или большей, или меньшей, как угодно, - и затем закрой его, и то же сделай с другими,

закрывая одно за другим те, с которыми ты опыт уже произвел. Но позаботься, чтобы в сосуд доливалась другая вода без всякого толчка, дабы нигде не производить давления на дно принимающего ее сосуда, и чтобы в сосуде этом было по весу всегда столько же воды; и для этого надобно, чтобы сосуд, принимающий воду, был отделен от того, из которого она наливается.

Ф. 53 r.

У воды, уровень которой не опускается ниже определенной высоты, количество выливающейся через данное отверстие в данное время воды будет таково, какова высота этого отверстия. Я утверждаю, что если b выливает в определенное время определенное количество воды, то c выльет в то же самое время воды вдвое больше; ибо над c тяжесть воды вдвое большая. И соотношения между весами здесь не такие, какие у плотных и цельных предметов, падающих в воздухе, так как вода, ударяя о воздух, делает в нем сплошное отверстие. А вещь плотная и цельная, постепенно опускающаяся в воздухе, рассекает перед собою воздух, который оказывает некоторое сопротивление и потому несколько сгущается и потому не дает прохода движущемуся телу определенной длины, как воде, имеющей длину неопределенную.

А. 59 r.

Что такое пена воды? Вода, которая падает с высоты в другую воду, заключает в себе известное количество воздуха, каковой благодаря удару погружается вместе с нею и вновь быстрым движением взлетает вверх, достигая покинутой поверхности, будучи облеченным тонкой влагой в сферическое тело, распространяясь кругообразно от первого удара.

Или, вернее, вода, которая падает на другую, удаляется от своего места и разнообразными и различными ветвлениями, двоящимися и загибающимися, идет, сплетаясь и переплетаясь, и, когда они отражаются на поверхности воды силою тяжести и удара, этой водой произведенного, у воздуха из-за крайней быстроты нет времени вырваться к своей стихии, но погружается он вышеуказанным способом.

I/2. 61 r. - 60 v.

Вода, что падает с высоты одного локтя, никогда не вернется на подобную высоту, разве что мелкими каплями, которые взлетят гораздо выше, так как отраженное движение будет гораздо более быстрым, нежели движение падающее. В самом деле, когда вода падает, она погружает вместе с собою большое количество воздуха, и, после того как вода испытала удар, она отскакивает к своей поверхности с импульсом, делающим движение почти столь же быстрым, сколь было движение падения. Однако столь же быстрым не будет оно по причине, указанной во 2-й [главе] 7-й [книги], гласящей: движение отражения никогда не будет столь же быстрым, сколько было падение вещи, которая отражается, и поэтому последующее отражение никогда не будет равно своему предшествующему. Так что отражение, совершаемое водою, уходит от дна, где было произведено, с быстротой не совсем той же, с какой произведено было; но к этому прибавляется вторая скорость, которая это движение увеличивает, и это тот воздух, который погружается вместе с падением воды, воздух, который, будучи облекаяем водою, бурно взлетает, и к своей взматывается стихии, наподобие ветра, нагнетаемого кузнечным мехом, и с собой уносит последнюю, граничащую с

поверхностью, воду, и благодаря такому приращению заставляет ее взметаться гораздо выше, чем она должна бы по своей природе.

С.А. 209 v.

Всякое трущееся тело оказывает сопротивление в том месте, где трется, четвертою частью своей тяжести (gravezza).

С.А. 198 v.

Трение гладких тел тем меньшего сопротивления будет и тем большей грузности, чем менее наклонно место, по которому совершается движение, - в случае когда движущее находится выше движимого. Трение гладких тел будет тем меньшего сопротивления и грузности, чем менее наклонно место, по которому совершается движение, - в случае когда движущее находится ниже движимого. - Если гладкий наклон располагает гладкое тяжелое тело действовать одною четвертою его тяжести по линии его движения, тогда тяжесть эта сама по себе расположена к движению вниз.

Ф. 56 v.

О трении небес, - производит ли оно звук или нет. Всякий звук причиняется воздухом, ударяющимся о плотное тело, и если будет произведен двумя тяжелыми телами совместно, то происходит это благодаря воздуху, который их окружает, и такое трение стирает трущиеся тела. Отсюда следовало бы, что небеса при своем трении, не имея между собою воздуха, звука не произвели бы, и, существуя такое трение в самом деле, за столько столетий, в течение коих эти небеса вращаются, они были бы истерты столь огромной быстротой, совершающейся изо дня в день. И если бы они звук все же производили, то распространяться он не мог бы; ибо звук столкновения и под водой малоощутителен, а в плотных телах мало или совсем не ощущался бы. Кроме того, в гладких телах трение их не производит звука, что равным образом привело бы к отсутствию звука при соприкосновении или, вернее, трении небес. И если небеса эти не были отполированы при соприкосновении своего трения, следует, что будут они бугристы и шероховаты; поэтому соприкосновение их не сплошное, а если так, то образуется пустота, которой, как заключают, в природе нет. Итак, следует, что трение уже стерло бы границы каждого неба и, насколько быстрее движется небо у середины, чем у полюсов, настолько быстрее оно у середины, нежели у полюсов, стиралось бы; а потому больше уже не терлось бы, и звук прекратился бы, и танцоры остановились, разве что небеса вращались бы одно к востоку, а другое к западу.

Леонардо да Винчи