

ПО СЛЕДАМ ГАЛИЛЕЯ

Любую истину понять легко, если её уже открыли; главное как раз в том, чтобы её открыть.

Г. Галилей

– Друзья, а знаете ли Вы:

1. Где находится Пизанская башня? (Италия, г. Пиза).
2. Что выше: Пизанская башня (чуть меньше 60м); останкинская (540м) или главное здание МГУ им. Ломоносова (240м)?
3. Чем знаменита? («Падающая» башня имеет отклонение от вертикали в 5°).

По версии Театра Занимательной Науки (ТЗН) строительство башни было начато в XII веке специально для того, чтобы знаменитый итальянский учёный Галилео Галилей использовал её в XVI веке для опытов по изучению законов падения тел.

– Первый раз слышите об этом? Тогда держите ушки на макушке и приготовьтесь к розыгрышам, экспериментам и открытиям. Мы начинаем играть, действовать, думать!

Великий древнегреческий учёный Аристотель считал, что во сколько раз тяжелее тело, во столько раз быстрее оно падает на землю. Галилей же усомнился в этом и полез на Пизанскую башню для того, чтобы провести эксперименты и выяснить истину о падении тел. Мы повторим легендарные опыты Галилея, пройдем по его следам и посмотрим, куда они нас заведут.

На сцену приглашается зритель, который не боится высоты (желающих предостаточно) и знакомый с трудами Галилея (количество претендентов резко уменьшается).

Он надевает профессорскую шапочку с кисточкой, преобразуется в учёного и, вмиг преодолев триста ступеней, оказывается на седьмом ярусе ТЗНовской башни¹. На ладонях у юного исследователя оказываются тела для исследования: бумажный кружок и аналогичных размеров металлический диск.

– Раз в десять тяжелее, – оценивает последователь Галилея.

По команде Ведущего он готов лишиться тела опор и отправить их в полёт².

В нашем научном театре главные действующие герои – не те, кто на сцене, а те, кто в зале. Мы всякий раз стремимся создать условия для совместного творчества.

– Предскажите результат падения, – следует предложение, – а затем на практике мы убедимся, какой из кружков придёт к финишу первым.

Согласно такой схеме взаимодействия проводится серия из нескольких экспериментов.

«Раздельное падение тел» (см. фото). Когда тяжёлый диск бряцает о пол, бумажный кружок всё ещё парит в воздухе.

– Выходит, что прав Аристотель!?

Падение «Бутербродом». Тела предварительно складываются стопкой: тяжёлое поверх лёгкого. Двигутся они после этого как единое целое, и бумажный кружок в соревновании побеждает.



¹ Копии Пизанской, но уменьшенной и плоской.

² С одинаковой высоты, без начальной скорости и в горизонтальном положении.

– Должно быть, из-за того, что тяжёлый диск, не имея возможности обогнать бумажный кружок, вынужден подталкивать его к победе!?

Падение «Неправильного бутерброда». Вспоминаем рецепт рассудительного кота Матроскина³: «Неправильно ты, дядя Фёдор, бутерброд ешь. Ты его колбасой кверху держишь, а надо колбасой на язык класть, так вкуснее будет». Готовим и отпускаем бумажный кружок, лежащий на металлическом диске. Удивительно, но результат падения из-за этого не меняется!

– Это потому, что тяжёлое тело испытывает сопротивление воздуха, а лёгкое «прячется» за ним!

Заключительная проверка «Шесть букв против семи» ради осмысления:

– Как сделать так, чтобы листочек с надписью «лёгкий» упал с башни быстрее того же листочка, но с надписью «тяжёлый»?..

– Надо его скомкать! Масса сохранится, а действие силы сопротивления уменьшится, – находится простое решение.

И опыт подтверждает его правильность.

Один из Ведущих напоминает, что английский учёный Ньютон был убеждён, что в безвоздушном пространстве и пушинка и дробинка будут падать одинаково (с одинаковым ускорением).

Другой Ведущий предлагает убедиться в теории Ньютона путём откачивания воздуха из помещения, он даже демонстрирует чудо-кнопку «дистанционного управления супервакуумным насосом с производительностью 6×10^{23} молекул в час», но нажать на неё не успевает...⁴

«Неожиданно» (и весьма кстати) из лунной лаборатории «Ньютон» на имя ТЗН приходит посылка – длинная загадочная коробочка.

– Что в ней? – гадают зрители: – портрет Ньютона, пушинка и дробинка, телескоп, реголит («кусочек Луны»), яблоки, пустота...

Оказывается, в посылке – трубка Ньютона, с помощью которой можно наблюдать падение тел в разреженном воздухе.

Сначала мы несколько раз наблюдаем, что дробинка в трубке с воздухом падает быстрее пёрышка. Привычная картина. Затем помощник начинает вращать ручку механического насоса⁵. Под скрип и чавканье масла давление воздуха в трубке уменьшается. Мы оживляем показания манометра, представляя себя поднимающимися в воздушном шаре: на уровне моря – атмосферное давление нормальное⁶; на высоте пять километров – половина нормального; на высоте десять – четверть. Но мы «поднимаемся» выше и достигаем двадцатикилометровой высоты и уменьшения давления в двадцать раз ниже нормы. Воздуха в трубке так мало, что пёрышко и дробинка приземляются одновременно.

– Это просто чудо!

И у нас есть возможность насладиться им ещё раз, просматривая видеозапись на большом экране⁷. Действия происходят в самой большой ваку-



³ Из повести Э. Успенского «Дядя Фёдор, пёс и кот» (и мультика «Трое из Простоквашино»).

⁴ Положитесь на закон Авогадро, не переживайте...

⁵ Используется насос Комовского.

⁶ 760 мм.рт.ст.

⁷ Эксперимент провел популяризатор науки Брайан Кокс.

умной камере на Земле, которую NASA использует для проверки космических кораблей в условиях, приближенных к реальным. Камера содержит приблизительно тридцать тонн воздуха, для откачки которого требуется целых три часа, после чего внутри остается всего два грамма воздуха и условия можно считать практически приближенными к идеальным. На замедленном повторе мы видим как тяжёлый мяч для боулинга, и лёгкие пушистые перья падают абсолютно синхронно. Невероятно, но факт!

– Давайте подведём итог и озвучим некоторый исторический документ, – поднявшись на башню, разворачивает свиток один из Ведущих, – кое-что в нём стёрто временем, но, думаю, нам с вами не составит труда заполнить эти пробелы.

– Тем более, что я буду предлагать на выбор варианты подсказок, – приходит на помощь его напарник.

Берёмся за дело с веселым азартом. Присоединяйтесь к нам:

– Мы, благодарные потомки и последователи великого итальянского учёного Галилео Галилея, спустя четыре столетия, с высоты ...

– а) Останкинской; б) Пизанской; в) Эйфелевой.

– башни, заявляем на весь мир, что Аристотель ...

– а) любил оливки; б) не участвовал в осаде Трои; в) был не прав.

– На быстроту падения тел, кроме силы тяжести, влияет сила ...

– а) ума; б) сопротивления воздуха; в) тока.

– которая зависит от ...

– а) цвета тела; б) даты изготовления; в) размеров и формы тела.

– На Луне пушинка и дробинка упадут ...

– а) с грохотом; б) не упадут; в) одновременно.

– потому что ничто не мешает им падать. Да здравствует Галилей! Да здравствует экспериментальный метод познания! Да здравствуют неразгаданные тайны природы, которые были, есть и ...!

– а) закончились; б) спрятались; в) будут.

Не сложно догадаться, какое слово под конец выбирают зрители ...

В руках Ведущего появляются игрушечные пружинные пистолеты, которые он заряжает стержнями с присосками на концах. Одна из «пуль» (по законам жанра) – лёгкая (m_1), другая – тяжёлая (m_2), со стальной гайкой.

– Войдём в историю стрельбой с Пизанской башни!

1. Одновременно пальнём из двух пистолетов с одинаковой высоты в горизонтальном направлении.

2. Повторим выстрелы, направив дула пистолетов вертикально вниз.

Пальцы готовы нажать на спусковые курки, а пружины распрямиться... Но произойдёт это не раньше, чем будет предсказано:

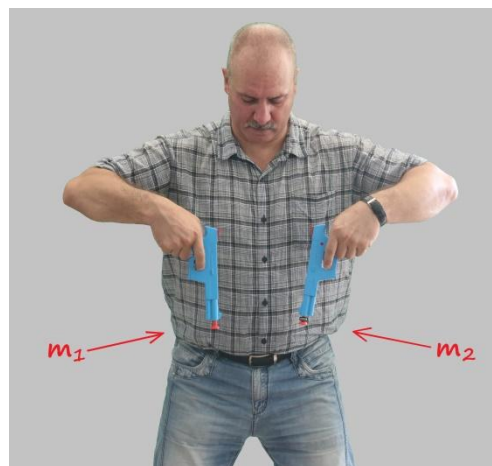
1. Какая пуля улетит дальше?

2. Какая пуля быстрее достигнет пола?

Вопросы с подвохом...

Как правило, большинство не учитывает различия в начальных скоростях пуль. А ведь закон сохранения полной механической энергии подсказывает: лёгкое тело разгоняется пружиной до большей скорости⁸.

Истина (по Эйнштейну) – это то, что вы-



⁸ Потенциальная энергия сжатой пружины переходит в кинетическую энергию пули: $\frac{kx^2}{2} = \frac{mV^2}{2} \Rightarrow V = x\sqrt{\frac{k}{m}}$

держивает испытание опытом.

– А что у нас?

Лёгкая пуля при горизонтальном выстреле улетает дальше, а при вертикальном обгоняет тяжёлую⁹. Прогнозы сбываются. Знание – сила!

– Известно изречение: «Наука спустилась с небес на Землю по наклонной плоскости Галилея». В чём смысл высказывания?

Галилеева наклонная плоскость – это, по сути, первая экспериментальная установка. В опытах с ней зародился научный метод познания и установлен закон свободного падения – первый количественный закон физики. Средствами XVII века измерить скорость перемещения падающего тела было очень сложно, вот и придумал Галилей как её существенно уменьшить, не исказив при этом условий свободного падения. Он предпочёл Пизанской башне наклонную плоскость. В своих опытах для измерения временных промежутков Галилей так же использовал «водяные часы» и с гордостью заявлял потом:



«Мои секунды мокрые, но зато их можно взвешивать».

Мы не можем обойти стороной наклонную плоскость и решаем использовать её для создания парадокса с замедленным падением. Чтобы было о чём подумать на досуге.

Наша доска в рост человека и немного отклонена от вертикали. У верхнего края, на линии старта замерли в ожидании две, внешне одинаковые фигурки: лёгкая и тяжёлая. По команде «Старт!» они, забавно перескакивая с гвоздика на гвоздик¹⁰, устремляются вниз. Можно пренебречь силой трения и считать, что фигурки задерживаются только на гвоздиках. Внимание, вопрос! Почему к концу дистанции лёгкая фигурка всякий раз опережает тяжёлую!?

Дадим нашим читателям подсказку: часть гвоздя, торчащая из доски, подобна упругой и жёсткой пружинке. А любая пружинка на приеме у врача может посоветовать – «Заколебали!», что в нашем случае весьма актуально. Падение фигурки на гвоздь приводит к его микроизгибу и колебанию конца со шляпкой. Вот и качаются фигурки «вниз-вверх» на гвоздях-качелях, встречающихся им по пути. Совершают неполные колебания, прежде чем спрыгнуть. В этом причина задержки их движения. Чем продолжительнее остановка,

⁹ Чтобы разглядеть результат второго опыта, высоты нашей башни недостаточно, и мы взбираемся по стремянке под потолок. Чем больше высота и тяжелее гайка, тем заметнее результат. Как вариант – просмотр замедленной видеозаписи.

¹⁰ На фото видны чёрные шляпки гвоздей, частично вбитых в доску.

тем меньше средняя скорость фигурки. Остаётся только догадаться, как периоды колебаний гвоздей зависят от веса тех, кто на них качается...

Заканчивается встреча с ТЗН тем, с чего и начиналась – словами Галилея: *«Я предпочитаю найти одну истину, хотя бы и в незначительных вещах, нежели долго спорить о величайших вопросах, не достигая никакой истины».*

29.07.18