

Старшов Михаил Александрович
Доцент Саратовского государственного университета.

Маятник в руках Р. Декарта

Статья посвящена исследованию в XVII веке французским учёным Рене Декартом зависимости между длиной маятника и периодом его колебаний. Автор показывает, какой поразительно точный для того времени результат получил Декарт, устанавливая эту зависимость.

Один из наиболее простых и полезных физических приборов, конечно, маятник. Сегодня нам известно великое множество самых разнообразных устройств этого типа, мы широко их используем и знаем о них, кажется, абсолютно всё. И подумать только, что относительно недавно всё было совсем иначе, и наука физика началась едва ли не с первого внимательного взгляда молодого Галилео Галилея на светильник, покачивающийся на тросе в соборе. Не имея никаких измерительных приборов, даже часов, пользуясь, как говорит легенда, только собственным пульсом для измерения времени, Галилей всё же понял, что период колебаний тела на подвесе не зависит от величины его начального отклонения от положения равновесия. Известен и опыт Галилея по изменению длины подвеса, при котором было отчётливо видно изменение периода колебаний маятника.

Тогда, на рубеже XVI и XVII веков и учёных людей было немного, и средств для обмена информацией между ними не было – эра научных журналов ещё не пришла. Но в Европе жил аббат Марен Мерсенн (1588 – 1648), который и сам интересовался наукой, в частности, измерил скорость звука в воздухе, а главное – организовал общение учёных континента. Он вёл обширную переписку с учёными разных стран, получая от них сведения об идеях, поисках и результатах, и рассылал научные новости всем своим корреспондентам. Многое в этой обширной переписке интересно, видимо, до сих пор, так как в середине XX столетия издано собрание тех писем в 11 томах.

Переписывался с Мерсенном и знаменитый философ, математик и физик Рене Декарт. И вот что он писал ему о своих мыслях по поводу простейшего маятника:

«...если тяжёлое тело находится в пустоте, где воздух не является помехой, и если мы положим, что ему нужна лишь половина времени для того, чтобы покрыть тот же путь, когда его толкает вдвое большая сила, то по моим подсчётам, если при длине нити в один фут грузу требуется один момент времени, чтобы проделать путь из C в B, то

при длине нити в 2 фута ему понадобится 4/3 момента; при 4 футах – 16/9 момента; при 8 футах – 64/27; при 16 футах – 256/81, что не намного больше трёх моментов; и таким же образом – в отношении всех остальных. Потому не говорю Вам, какова должна быть длина нити, чтобы грузу понадобилось ровно два момента для того, чтобы попасть из C в B; ведь до чисел не так легко дойти, да и вычисления мне не так легко даются. Но Вы видите, что она должна быть более чем в пять раз длиннее других... »

Не прошло и полвека после смерти Декарта в 1650 году, как появилась в науке формула, связывающая период колебаний маятника T с длиной l подвеса:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

где g – ускорение свободного падения, одинаковое для всех тел у поверхности Земли в данном месте земного шара.

Из этой формулы любой школьник сразу определит, что длину маятника надо изменить в четыре раза, чтобы период его колебаний изменился в 2 раза. Откуда же у Декарта появилось число 5 («она должна быть более чем в пять раз длиннее»)?

Имя Декарта для большинства людей, когда либо учившихся в школе (по крайней мере, до изобретения ЕГЭ) прежде всего вызывает в памяти его «декартову» систему координат. Мне кажется, что и в данном исследовании Декарт без графика не обошёлся.

Давайте составим таблицу по числам Декарта из этого письма Мерсенну, перейдя к более привычным и удобным десятичным дробям.

Длина, относит. ед.	1	2	4	8	16
Период, относит ед.	1	1,333	1,78	2,37	3,16

По таблице можно оценить длину маятника, период которого вдвое больше исходного: это примерно посередине между четырьмя и восемью начальными длинами, кажется, что ближе к 6, гениальный Декарт оценивает примерно в пять (рис. 1).

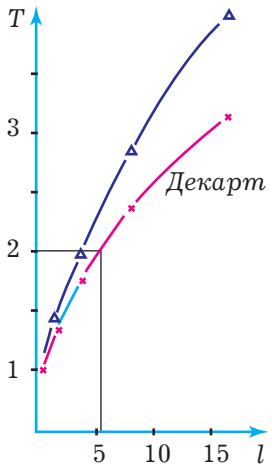


Рис. 1

Допустим, что по данным такой таблицы он построил график, получив на нём зависимость в виде некоторой слегка выпуклой кривой линии.

А теперь перепишем таблицу, вычисляя относительный период по формуле для математического маятника. Получим:

Длина, относит ед.	1	2	4	8	16
Период, относит. ед.	1	1,41	2	2,83	4

Нам-то легко, мы знаем формулу! Очевидный ответ: четыре.

А теперь нарисуем график, соответствующий второй таблице. Видно, что кривые всё сильнее расходятся, вероятно, выявляя ошибку Декарта. По первой кривой, декартовой, в самом деле по-

лучаем удвоение периода при увеличении длины подвеса почти в пять раз, вторая кривая проходит точно через точку 4. Очень можно подозревать, что Декарт воспользовался графиком для оценки длины маятника! Именно 5 футов и видно на графике по его «числам»!

Ещё интереснее и полезнее построить график зависимости квадрата периода от длины маятника – «наша» линия превращается в замечательную прямую, а декартова в прямую не переходит никак.

Наконец, самым любознательным посоветуем найти в калькуляторе логарифмы всех данных второй таблицы (построенной по формуле). В двойном логарифмическом масштабе увидим прямую линию с тангенсом угла наклона, равным 0,5. Это значит, что в формуле для периода колебаний математического маятника действительно присутствует квадратный корень. С таблицей по данным Декарта этого не получается.

Ещё интереснее проделать всё то же самое для маятника пружинного. В теории его период описывается очень похожей формулой, что и период математического, но физика явления богаче и любопытнее. Интересующимся можно рекомендовать первый том так называемого «Берклеевского курса», (Киттель Ч. и др. Механика. – М., 1971. С. 247). Там студентам предлагается готовая таблица периода колебаний пружинного маятника при шести разных грузах, по которой надо провести анализ явления и оценить точность известной формулы зависимости периода от массы. Вот это задание:

Определить коэффициент жёсткости пружины по зависимости периода её колебаний от массы прикреплённого груза:

Масса, г	50	100	150	200	250	300
Период, с	0,72	0,85	0,96	1,06	1,16	1,23

А с учителем физики хотел бы поделиться опытом проведения своего рода фронтальной лабораторной работы по изучению математического маятника и определению ускорения свободного падения. Для данной работы всего-то надо на куске шпагата длиной около двух метров навязать штук пять петелек на примерно равных расстояниях друг от друга и по очереди надевать их на гвоздик в дверном проёме или на штативе. Сейчас каждый мобильный телефон имеет встроенный секундомер, а пользуемся мы им крайне редко. Измеряя время колебаний маятника этим секундомером, а его длину с помощью шпагата, можно легко проверить зависимость между ними так, как описано в данной статье.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Ответ Ломоносова



Как-то И.И. Шувалов, государственный деятель и фаворит царицы Екатерины II, заспорив с Михаилом Васильевичем Ломоносовым, сердито сказал:

– Мы отставим тебя от Академии.

– Нет, – возразил великий учёный, – разве Академию отставите от меня.

