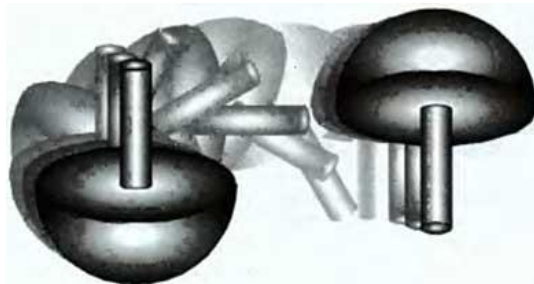


Волчок Томсона

(«Юный техник»)



Эта любопытная игрушка необычна не только своей формой, но и тем, что ведёт себя «не по правилам». Волчок Томсона представляет собой шар усечённой формы, по центру среза которого расположена ось. Если её сильно раскрутить, установив волчок на ровной поверхности, вы сможете наблюдать эффект, казалось бы, нарушающий законы физики. Ускоряясь, волчок, вопреки всем ожиданиям, опрокидывается набок и продолжает переворачиваться дальше, пока не встанет на ось, на которой будет затем продолжать вращаться.

Находящийся в нижней части центр тяжести покоящегося волчка как бы перемещается при движении в верхнее положение. Это, на первый взгляд, противоречит условию устойчивого равновесия, выполняющегося всегда, когда речь идет о неподвижных, статических системах. Однако то, что непреложно в статике, не всегда справедливо в динамике.

Есть такое явление, называемое прецессией. Если к вращающемуся волчку приложена какая-то постоянно действующая сила, его ось отклоняется. В самом же гироскопе (а волчок является простейшим гироскопом) при этом возникает противоположная сила, стремящаяся возратить ось в исходное положение.

В волчке Томсона постоянными силами, вызывающими прецессию, являются сила трения полусферы о поверхность стола и сила тяжести (см. рис. 2). На рисунке они обозначены как P – сила тяжести и F – сила трения. То, почему волчок в итоге становится на ось, не имеет элементарного объяснения. В двух словах, это происходит оттого, что волчок стремится компенсировать прецессию моментом, образованным сложением разных сил.

Форма волчка при этом может быть различной, но основные соотношения его параметров при этом должны оставаться неизменными. В шестидесятых годах прошлого столетия московский математик А. Карнауков предложил формулу, при которой любая юла ведёт себя как волчок Томсона: $APL < (70c)^2$, где P – вес волчка, постоянная L – расстояние между центром тяжести волчка и поверхностью стола, A – экваториальный момент инерции (раскручивания), а c – осевой момент инерции. Разумеется, рассчитать величины инерционных моментов не всегда представляется возможным, однако из формулы понятно, что они напрямую связаны с параметрами гироскопа – диаметрами шара и оси, а также их массой.

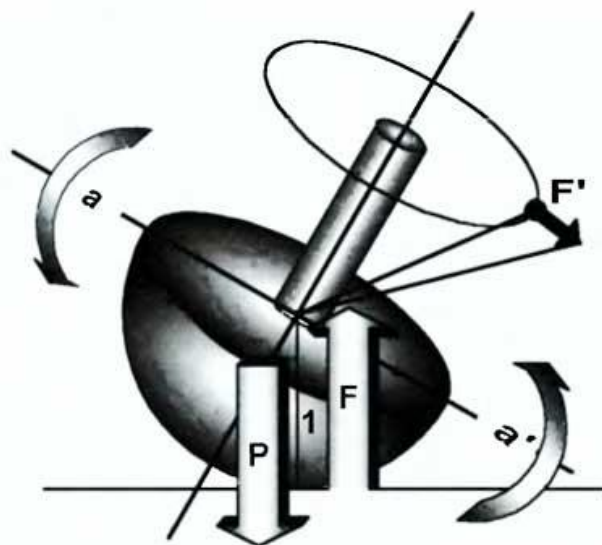


Рис. 2. Действие сил в момент прецессии.

Вы можете сами проверить справедливость этой формулы, а также придумать собственную модель переворачивающегося «с ног на голову» гироскопа, изготовив его из подручных материалов.

Рассчитанную в соответствии с приведенной выше формулой пропорцию вы можете взять за основу, смоделировав волчок Томсона собственной конструкции, исходя из данных соотношений размеров.

В качестве сферического корпуса рекомендуем использовать шарообразный колпачок от емкостей для парфюмерии. Среди них нетрудно подобрать крышки в форме полусферы. Исходя из размеров колпачка подберите и ось. Вполне подойдет и шарик от дезодоранта.

Так, наибольший, экваториальный, диаметр сферы в нашем случае соотносится с диаметром оси как $D = d^2$, где D – диаметр сферы, а d – оси, длина которой L относится к D как 3:4 (см. рис. 3). Ось изготовьте из пластикового стержня или любой полый трубки (подойдет использованный толстый стержень от шариковой авторучки). При этом высота от поверхности стола до среза сферы должна соотноситься с высотой вылета оси как 1,8.

Если ваш колпачок по высоте превышает нужный размер, отпилите ножовкой лишнюю часть, проследив, чтобы срез оставался ровным и строго горизонтальным относительно установленного прямо на поверхности корпуса. Края шара подровняйте напильником и опишите наждачной бумагой.

Конструкция простейшего волчка Томсона показана на рисунке 4.

Прежде всего, установите ось строго вертикально по центру колпачка и соосно ему. Для этого сделайте внутри колпачка небольшое углубление по диаметру вашей оси, в которое её можно было бы вставить жестко на трении.

Изготовьте шайбу из тонкого текстолита, гетинакса, оргстекла или оргалита под диаметр среза. Нижнюю плоскость шайбы есть смысл также зачистить наждачкой.

В шайбе высверлите отверстие под диаметр оси. Заполнив внутреннюю часть колпачка эпоксидной смолой, вставьте ось в нижнее углубление и наденьте на неё шайбу, которую установите в волчок горизонтально и жестко по краям среза.

После того как смола застынет, конструкция приобретет все необходимые качества волчка Томсона.

Если у вас есть возможность воспользоваться токарным или шлифовальным станком, лучше довести поверхность волчка до идеально сферической формы, улучшив тем самым его гироскопические качества. При доводке почаще сверяйте реальные параметры с заданными. На верхнем конце оси есть смысл сделать насечки, чтобы волчок было удобнее раскручивать.

Смастерив волчок Томсона, вы сможете экспериментировать, запуская его на различных поверхностях. Например, проверьте, как будет вести себя вращающаяся полусферическая юла не на ровной, горизонтальной, а на покатой или наклонной поверхностях. А что, если попробовать запустить ваш волчок внутри полый трубы большого диаметра? Или, например, внутри большой полусферы?

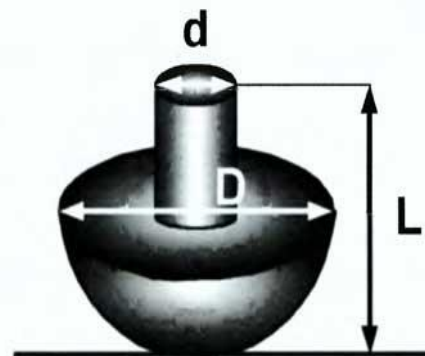


Рис. 3. Соотношение размеров в волчке.

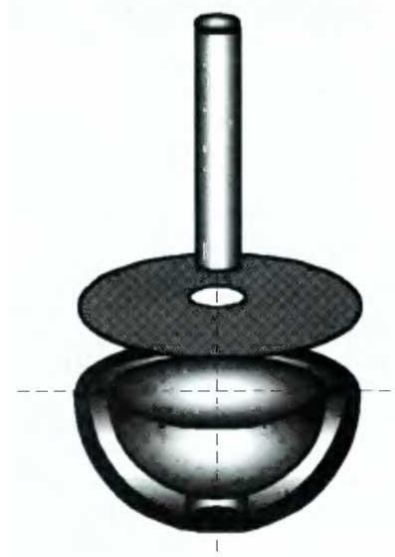


Рис. 4. Конструкция волчка.