

# **Исследовательская работа по физике: «Центр тяжести»**

Выполнила:

ученица 10 Г класса

МОУ СОШ № 26

Черноок Полина

Руководитель:

учитель МОУ СОШ № 26

Павлюченко Людмила

Викторовна

# Введение

Развитие физики сопровождалось изменением представлении людей об окружающем мире. Отказ от привычных взглядов, возникновения новых теорий, изучение физических явлений характерно для физики с момента зарождения этой науки до наших дней.

Физика является основой современной техники. Наука и техника тесно связаны между собой. Развитие науки вызывает дальнейшее развитие техники, дальнейшее же развитие техники способствует всё новым достижениям науки.

Понятие о центре тяжести было впервые изучено примерно 2200 лет назад греческим геометром Архимедом, величайшим математиком древности. С тех пор это понятие стало одним из важнейших в механике, а также позволило сравнительно просто решать некоторые геометрические задачи.

## **Актуальность работы:**

Актуальность темы «Центр тяжести» сложно переоценить, потому что с вычислением центра тяжести человек сталкивается постоянно.

В самолётостроении от центровки самолёта зависят сотни жизни людей. Экипаж всегда точно следит за загрузкой, учитывая центр тяжести. Загрузки судов тоже уделяется огромное значение. На сегодняшний день есть даже специальные профессии, которые занимаются только вопросами центра тяжести. Это те люди, которые занимаются загрузкой судов. Как вы думаете, что не даёт пассажирскому автобусу перевернуться на крутом повороте? Конечно же, это правильно рассчитанный центр тяжести.

## **Цель работы:**

Определить центр тяжести и исследовать роль центра тяжести в нашей жизни.

## **Задачи:**

- дать определение понятия центра тяжести
- исследовать роль центра тяжести в жизни людей
- научиться определять центр тяжести различных предметов
- определение центров тяжести тел различной формы
- найти центр тяжести симметричной фигуры с однородной плоскостью
- найти центр тяжести плоской фигуры, неправильной формы
- продемонстрировать физическое явление, когда центр

тяжести находится вне тела

# Основные сведения о центре тяжести

Центр тяжести - это геометрическая точка, неизменно связанная с твёрдым телом, через которую проходит равнодействующая сила всех сил тяжести, действующих на частицы тела, при любом его положении в пространстве она может не совпадать ни с одной из точек данного тела. Нахождение центра тяжести тела или системы тел -самостоятельная задача статики.

Знание положения центра тяжести позволяет решать важные технические задачи.

Центр тяжести тела - это точка приложения силы тяжести, действующей на тело. Тело, чей центр тяжести нужно найти может быть любой формы, оно может состоять из стержней, дисков и других геометрически правильных частей.

Поскольку любой диаметр однородного круглого диска делит его на две совершенно одинаковые симметричные части, то центр тяжести должен лежать на каждом диаметре диска, т. е. в точке пересечения диаметров — в геометрическом центре диска  $C$ . Рассуждая сходным образом, можно найти, что центр тяжести однородного шара лежит в его геометрическом центре, центр тяжести однородного прямоугольного параллелепипеда лежит на пересечении его диагоналей и т. д. Центр тяжести обруча или кольца лежит в его центре.

Центр тяжести тела может лежать вне тела. Если тело имеет неправильную форму или если оно неоднородно (например, в нем есть пустоты), то расчет положения центра тяжести часто затруднителен и это положение удобнее найти посредством опыта.

Во время движения человека точка центра тяжести его тела перемещается в зависимости от положения туловища и конечностей, и, конечно, это очень влияет на сохранение равновесия.

Много ли найдётся людей, которые ясно представляют себе, как, собственно, передвигаем мы своё тело при ходьбе и беге и в чём разнятся эти два движения?

Предложим, что человек стоит на одной ноге, например на правой. Вообразим себе, что он приподнимает пятку, наклоняя в то же время корпус вперёд. При таком положении перпендикуляр из центра тяжести выйдет из площади основания опоры, и человек должен упасть вперёд. Но едва начинается это падение, как левая нога его, оставшаяся в воздухе, быстро подвигается вперёд и становится на землю. Равновесие, таким образом, восстанавливается.

Ходьба - это ряд падений вперёд, предупреждаемых вовремя поставленной опорной ногой, оставшейся до того позади.

Бег отличается от ходьбы тем, что нога, стоящая на земле, внезапным сокращением её мышц энергично вытягивается и отбрасывает тело вперёд, так что последнее на одно мгновение совсем отделяется от земли. Затем оно снова падает на землю, на другую ногу, которая, пока тело было на воздухе, быстро передвинулась вперёд. Бег состоит из ряда скачков с одной ноги на другую.

Во время движения человека точка центра тяжести его тела перемещается в зависимости от положения туловища и конечностей, и, конечно, это очень влияет на сохранение равновесия.

Обычно при ходьбе люди размахивают руками. Когда человек перемещает ногу вперед, вперед смещается и центр тяжести. Чтобы сохранить первоначальное положение центра тяжести, руку отводят назад. Такое чередование положений рук и ног повторяется при каждом шаге.



Когда человек несет на спине тяжелый груз, то он наклоняется вперед. Груз за спиной изменяет первоначальное положение центра тяжести, и человек попадает в неустойчивое положение. Ему приходится наклониться вперед, чтобы вертикаль, проходящая через центр тяжести, прошла бы через площадь опоры.

Когда человек несет тяжелую сумку в правой руке, общий центр тяжести человека и груза тоже смещается

вправо. Человеку приходится отклониться влево и отставить в сторону свободную левую руку для того, чтобы вернуть прежнее положение центра тяжести и восстановить равновесие.

Интересно, что когда человек сидит, то он находится в более устойчивом положении, чем когда стоит. У сидящего человека центр тяжести расположен ниже, чем у стоящего. А более устойчивым считается положение, когда центр тяжести тела расположен как можно ниже.

Так при спуске с горы, опытный лыжник слегка приседает. При этом центр тяжести его опускается, и лыжник оказывается в более устойчивом положении.



Всем известно, как трудно стоять на одной ноге. В этом случае вдвое уменьшается площадь опоры. И даже при небольшом отклонении от положения равновесия вертикаль, проходящая обычно через центр тяжести, уже не будет более проходить через площадь опоры. Человек оказывается в неустойчивом положении. Ещё труднее стоять на канате: основания очень мало и отвесная линия легко может выйти за его пределы.

Штангисты в момент поднятия штанги всегда делают шаг вперед для того, чтобы увеличить площадь опоры и придать себе большую устойчивость в плоскости.



Иногда центр тяжести человека может находиться и вне тела. Это возникает, например, при наклоне или при беге. Заметили ли вы, с какой странной походкой отличаются «морские волки»? Проводя всю жизнь на качающемся судне, моряки вырабатывают

привычку ступать так, чтобы основание их тела (т.е. широко расставленные ноги) захватывало, возможно, больше пространства. Это придаёт морякам необходимую устойчивость на колеблющейся палубе; естественно, что



та же привычка сохраняется при ходьбе по твёрдой земле.

Можно привести и обратный пример. Обращали вы внимание на то, какой стройный вид имеет человек несущий на голове груз? Неся на голове груз, по необходимости приходится держать голову и туловище прямо: малейшее уклонение грозит вывести центр тяжести из контура основания, и тогда равновесие фигуры будет нарушено.

Если вы, стоя на полу, начнете наклонять свое туловище вперед, а потом назад, то заметите, что вперед вы сможете наклониться значительно больше, чем в обратную сторону. По мере наклонения туловища человека вперед вертикальная линия, проходящая через центр

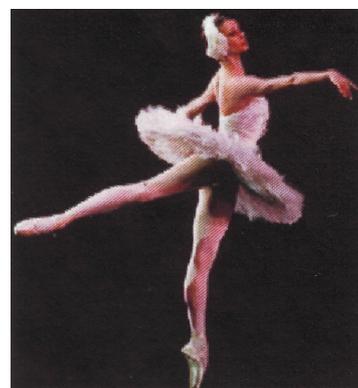
тяжести его тела, некоторое время будет попадать на площадку, ограниченную точками опоры, так как ступни ног человека обращены вперед. При наклоне же туловища назад указанная вертикальная линия выходит из границы площадки опоры быстрее, чем в первом случае.



И спортсмену при прыжке на лыжах с трамплина тоже приходится следить за положением центра тяжести тела так как сила сопротивления воздуха может опрокинуть его назад.

Во время движения человека с большой скоростью в воздушной среде давление воздуха на тело зависит от взаимного расположения двух точек: центра поверхности тела и центра тяжести тела. При прыжке с трамплина изменение позы лыжника вызывает изменение положения центра поверхности. Когда центр поверхности лежит ниже центра тяжести, лыжник вращается по часовой стрелке, и потоки воздуха прижимают его к земле. Но если центр поверхности расположен выше центра тяжести, то потоки воздуха стремятся развернуть его против часовой стрелки, что вызывает опрокидывание назад.

Иногда, кажется что, балерина танцует против всех законов физики. На самом деле физика вовсе не против. Чтобы понять, как удается балерине крутиться с бешеной скоростью, достаточно обратить внимание на положение ее тела во время вращения. Танцовщица то вытягивается в струнку, то отставляет перпендикулярно вращению тела ногу или руку. При этом ее словно подталкивает кто-то невидимый, ускоряя вращение. Этот «кто-то» — закон сохранения углового момента. Согласно ему, чтобы увеличить скорость вращения, надо либо уменьшить массу (выкинуть что-нибудь ненужное), либо приблизить эту массу к оси вращения. Что балерина и делает, прижимая руки или ногу к телу.



## Равновесие

Чтобы твердо стоять на двух ногах (и даже на одной), надо всего лишь соблюдать простой закон: вертикальная проекция центра тяжести должна находиться внутри площади опоры. Если центр тяжести человека перемещается и выходит за пределы площади опоры, человеку, чтобы не упасть, приходится переступить, поставив ноги в новое положение. Балерина на рисунке вполне устойчиво стоит на носке правой ноги. А чтобы центр тяжести проходил через основание опоры (примерно 10 кв.см),

она немного отклонилась вперед, тем самым, уравновесив вытянутые почти горизонтально правую руку и левую ногу. Чем выше центр тяжести, тем труднее сохранять равновесие. Вот почему так стройны девушки, привыкшие носить на голове кувшин с водой: они должны держаться очень прямо, даже если никогда не слышали про центр тяжести.

## Прыжок

Максимальное ускорение, которое развивают танцоры в момент толчка, сопоставимо с показателями лучших прыгунов в высоту. Их тело разгоняется до скорости 4,6 м/с в среднем за 0,24 с. Поделив 4,6 м на 0,24 с, получаем ускорение 19,2 м/с, то есть 2g. Для сравнения: в лифте, когда он трогается с места, перегрузка равна 1,3—1,6g; при разбеге самолета — до 3g, в спускаемом космическом аппарате — от 3 до 10g.

Мощность прыжка равна работе, деленной на время. Работы при прыжке совершается совсем мало: при массе танцора 70 кг — всего 700 джоулей, или 0,17 килокалории. Соответственно, мощность при длительности толчка 0,2 секунды будет равна уже  $700 \text{ Дж} / 0,2 \text{ с} = 3500 \text{ Вт}$ , или 3,5 кВт, или почти пяти лошадиным силам. Чтобы взмыть вверх, и прыгуну, и танцору надо хорошо разбежаться и постараться максимально перевести горизонтальную

составляющую набранной при разбеге скорости в вертикальную. Горизонтальная скорость перед прыжком у спортсмена

достигает 8 м/с (с такой скоростью стометровку пробегают за 12,5 секунды). А вертикальная — 4,6 м/с (16,5 км/ч).

Поскольку балет все же не спорт, там показатели немного ниже.

### **Поддержка**

В цирке один артист может удержать целую группу, немного балансируя, чтобы центр тяжести всего «сооружения» проходил внутри площади опоры. Балетному танцору редко приходится удерживать более одной партнерши. Поэтому он легко соблюдает устойчивость при различных подержках, следя лишь, чтобы их общий центр тяжести всегда находился точно над его ступнями.

Равновесие играет важную роль в каждом виде спорта.

Хорошее равновесие зависит от устойчивости. Чтобы достичь устойчивости, необходимо стоять крепко на обеих ногах, делать площадь базы, образуемой обеими ногами (стопами) большей, насколько возможно, и держать центр тяжести близко к центру этой базы. При этих условиях могут выполняться сильные приемы, при этом заботясь, чтобы другие требования для сильных приемов также выполнялись. Если центр тяжести помещен близко от наружного предела площади базы, равновесие может

ослабиться, если центр тяжести перемещается к наружной стороне площади базы, равновесие не сохраняется, и тело

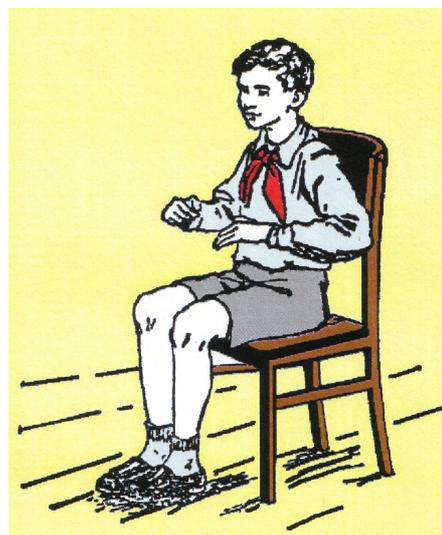
может упасть. Без правильного равновесия невозможно выполнить сильный прием. Кроме того, проведение до конца приема не возможно до тех пор, пока равновесие не восстановится, в результате чего атака замедляется. Защита против атаки противника также невозможна без



правильного равновесия.

Гимнастка на рисунке вполне устойчиво стоит на носке правой ноги. Чем выше центр тяжести, тем труднее сохранять равновесие.

Если вы сядете на стул так, как сидит человек изображённый на рисунке, а потом попытаетесь встать, не меняя положение ноги не нагибая корпус вперёд, то никаким усилием мускулов встать со стула вам не удастся, пока вы не пододвинете ноги под сиденье или не подадитесь корпус вперёд. Центр тяжести туловища сидячего человека находится внутри тела, близ позвоночника, сантиметров 20 выше уровня пупка. Если провести отвесную линию из этой точки вниз: она пройдёт под стулом, позади ступней. А чтобы человек мог стоять, эта линия должна проходить между ступнями.

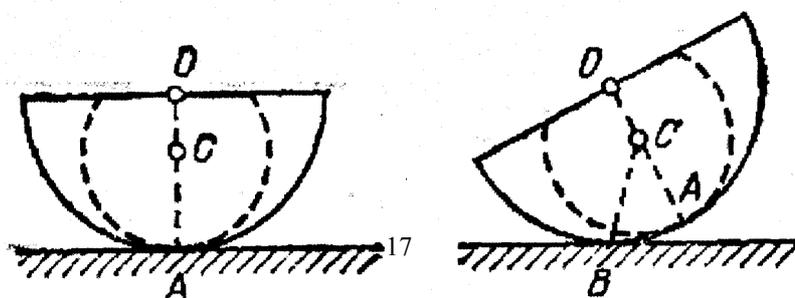


Многие детские игрушки позволяют проиллюстрировать те или иные физические принципы, явления, законы. Понятие игрушка можно рассматривать широко. С помощью следующих "экспонатов" иллюстрируются понятия: центр тяжести (центр масс), устойчивость, условие устойчивого равновесия.



Если при отклонении тела от положения равновесия возникают силы, возвращающие его обратно, то такое равновесие называют устойчивым.

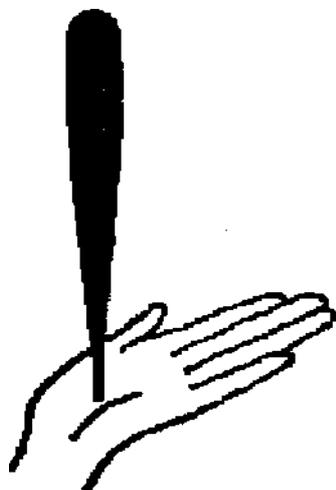
Ванька-встанька (или неваляшка) возвращается всегда в вертикальное положение - значит, это есть положение его устойчивого равновесия. Для тела, находящегося в состоянии устойчивого равновесия, выполняется условие: центр тяжести тела занимает самое низкое возможное положение. Если при попытке вывести тело из положения равновесия, центр тяжести поднимается, то такое равновесие будет устойчивым.



У Ваньки - встаньки в нижней части находится тяжёлый полушар. Центр тяжести полушара точка - точка С - при наклоне приподнимается. В самом деле, расстояние ВС больше расстояния АС. Значит равновесие в первом случае устойчиво. Для тела, опирающегося на одну точку, в состоянии равновесия центр тяжести находится на одной вертикали сточкой опоры (на первом рисунке СА вертикаль)

При отклонении от положения равновесия возникает момент силы, возвращающий тело в равновесное состояние

с наинизшим положением центра масс.



Многие пытались удерживать в равновесии на ладони или кончике пальца бильярдным кий, школьную указку или большую линейку, как это показано на рисунке. Когда кий падает в какую-нибудь сторону, вы

перемещаете в эту же сторону ладонь, чтобы точка опоры неизменно была на одной вертикали с центром тяжести кия строго под ним. Такое равновесие нельзя назвать устойчивым, т. к. силой, возвращающей тело в положение равновесия, является внешняя сила руки, а не сила тяжести.

По принципу "неваляшки" изготавливают разные вещи: солонка и перечница для кухни, часы, чашка для малышей, шахматные фигуры.

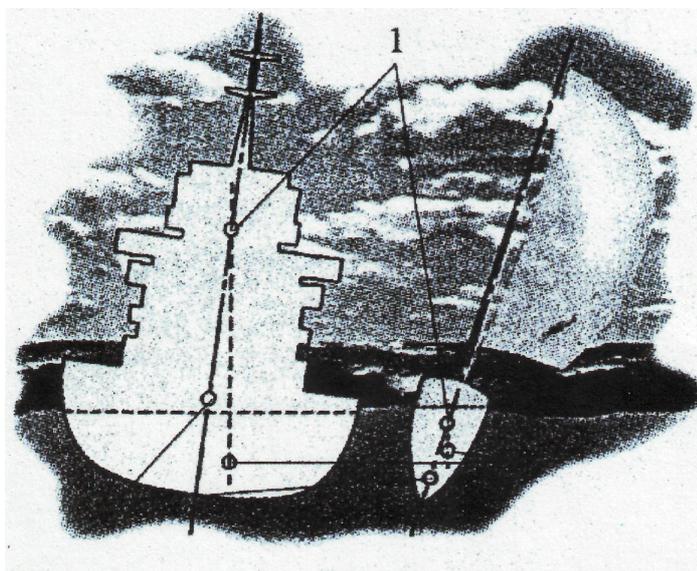


Для лучшей устойчивости все транспортные средства конструируются так, чтобы их центр тяжести располагался как можно ниже между колёсами, поэтому тяжёлый двигатель всегда устанавливают внизу. Если на багажнике и в кузове автомобиля находится большой груз, то машина может перевернуться на повороте.

В истории известно много случаев, когда корабль, построенный неумелыми мастерами, сойдя со стапелей и попав в воду, сразу переворачивался и тонул. В положении равновесия центр тяжести корабля обычно находится выше центра водоизмещения - точки приложения архимедовой силы. Однако это не означает, что положение равновесие неустойчиво, поскольку крен корабля смещает точку приложения силы Архимеда. Появившийся из-за крена

момент силы будет возвышать корабль в положении  
равновесия, если точка перемещения плоскости симметрии

корабля и вертикальной линии, проходящей через точку приложения силы Архимеда - метацентр, находится выше центра тяжести корабля. Иначе даже небольшой случайный наклон приведёт к тому, что корабль перевернётся, т.е. такое положение равновесия будет действовать неустойчивым.



Метацентр корабля должен находиться выше центра тяжести:

- 1 — метацентр;
- 2 — центр тяжести;
- 3 — центр водоизмещения.

# Практическая часть

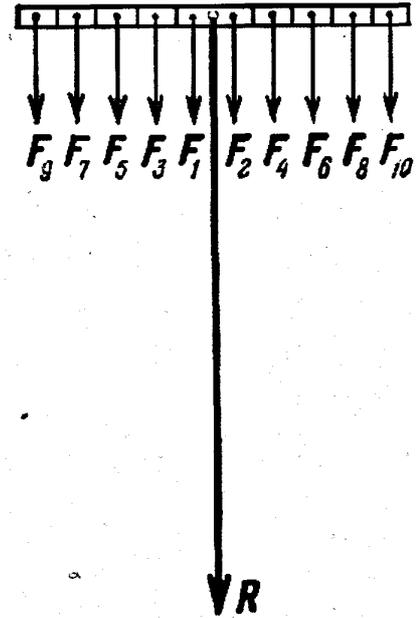
## Определение центров тяжести тел различной формы

Положение центра тяжести какого угодно тела можно найти, разбивая тело на части более простой формы и определяя центры приложения равнодействующей сил тяжести, действующих на эти части. Найдём положение центра тяжести некоторых простейших фигур.

## 1) Тонкая однородная пластинка.

Ход работы:

Разбиваем пластинку на множество малых равных между собой полосок. На каждую из них действует сила тяжести, - все эти



силы равны между собой.

Складываем по две силы, равноотстоящие от середины полосок. Равнодействующие любых двух таких сил приложены в середине полоски.

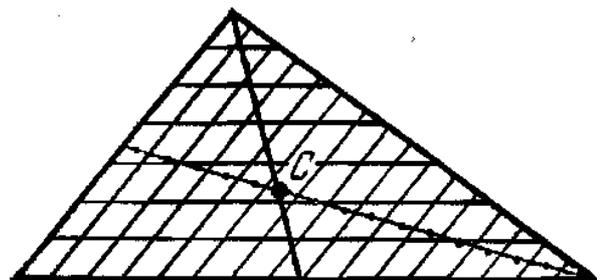
Вывод:

Центр тяжести однородной тонкой пластинки находится в её середине.

## 2) Треугольник.

Ход работы:

Разобьём площадь треугольника на тонкие полоски, параллельные одной из его сторон. Так как центр тяжести каждой полоски



лежит в её середине, то центр тяжести совокупности всех полосок, т.е. центр тяжести треугольника лежит где-то на медиане, проведённой к стороне треугольника, параллельной полоскам. Теперь разобьём треугольник на

полоски, параллельные другой его стороне, и аналогично найдём, что центр тяжести площади треугольника лежит на медиане, проведённой к другой стороне треугольника.

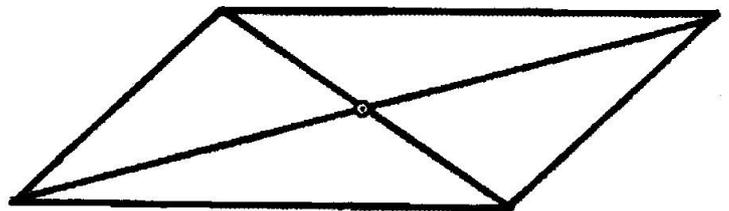
Вывод:

Центр тяжести площади треугольника лежит в точке пересечения его медиан.

### 3) Параллелограмм.

Ход работы:

Разобьём  
параллелограмм  
диагональю на два



треугольника. Центры тяжести каждого из полученных треугольников расположены где-то на другой диагонали, являющийся медианой обоих этих треугольников. Следовательно, и равнодействующая обеих сил, изображающих веса этих треугольников, находится на той же «другой» диагонали. Теперь разобьём параллелограмм на два треугольника другой диагональю и таким же образом покажем, что его центр тяжести лежит на первой диагонали. Вывод: Центр тяжести площади параллелограмма лежит на пересечении его диагоналей.

Приведённые примеры достаточно хорошо иллюстрируют следующее общее положение:

- если тело имеет центр симметрии, то центр тяжести тела совпадает с его центром симметрии.
- если тело имеет ось симметрии, то его центр тяжести лежит на этой оси.
- если тело имеет плоскости симметрии, то его центр тяжести лежит в этой плоскости.

## Экспериментальный опыт № 1

### «Симметричная фигура»

**Цель:** найти центр тяжести симметричной фигуры с однородной плоскостью.

**Материалы:** нить длиной 45 см.; симметричной фигуры с однородной плоскостью (предмет) длиной 30 см.; линейка; скотч.

#### **Ход работы:**

1) Я привязала один конец нитки к симметричной фигуре, другой конец я прикрепила к краю стола, так чтобы она висела свободно. Передвигая предмет сквозь петлю, я добилась того, чтобы он висел горизонтально. Затем отметила положение нитки на фигуре. С помощью линейки я измерила расстояние от этой метки до конца фигуры. 2) Когда был найден центр тяжести предмет, который висел свободно, начал вращаться.

#### **Вывод:**

1) Мои измерения показали, что отметка находится посередине предмета. Предмет уравновешен тогда, когда она удерживается в той точке, в которой сконцентрирована масса тела.

**C** - обозначим как центр тяжести

**AC** - обозначим как расстояние от начала предмета до **C**

**CB** - обозначим как расстояние от **C** до конца предмета

**AB** = 30 см

**AB** : 2 = 30:2 = 15 см. (**AC** и **CB**) 2) Вращение - это

движение тела вокруг его оси. Т.к. предмет

поддерживается в одной точке, вращающие моменты

частиц по одну сторону от этой точки заставляют фигуру

вращаться по часовой стрелке, в то время как вращающие

моменты частиц по другую сторону от неё вращают

предмет против часовой стрелки. Предмет уравновешен

тогда, когда нитка привязана в точке, вокруг которой сумма

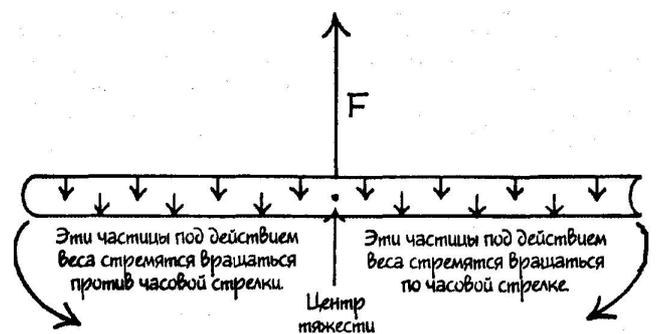
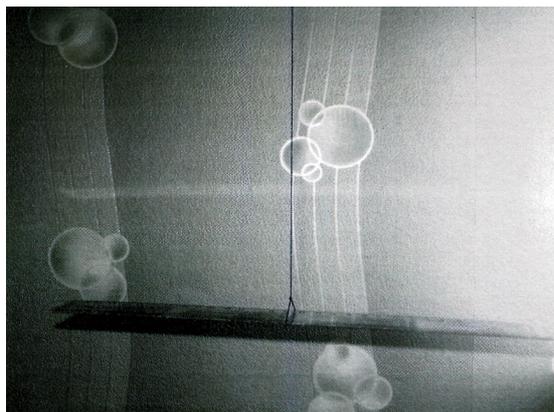
вращающихся моментов, направленных по часовой стрелке,

равна сумме вращающихся моментов, направленных

против. Нитка расположена выше центра тяжести. Когда

тело удерживается с помощью одной силы, она проходит

через центр тяжести тела.



## Экспериментальный опыт № 2

### «Плоская фигура»

**Цель:** найти центр тяжести плоской фигуры, неправильной формы.

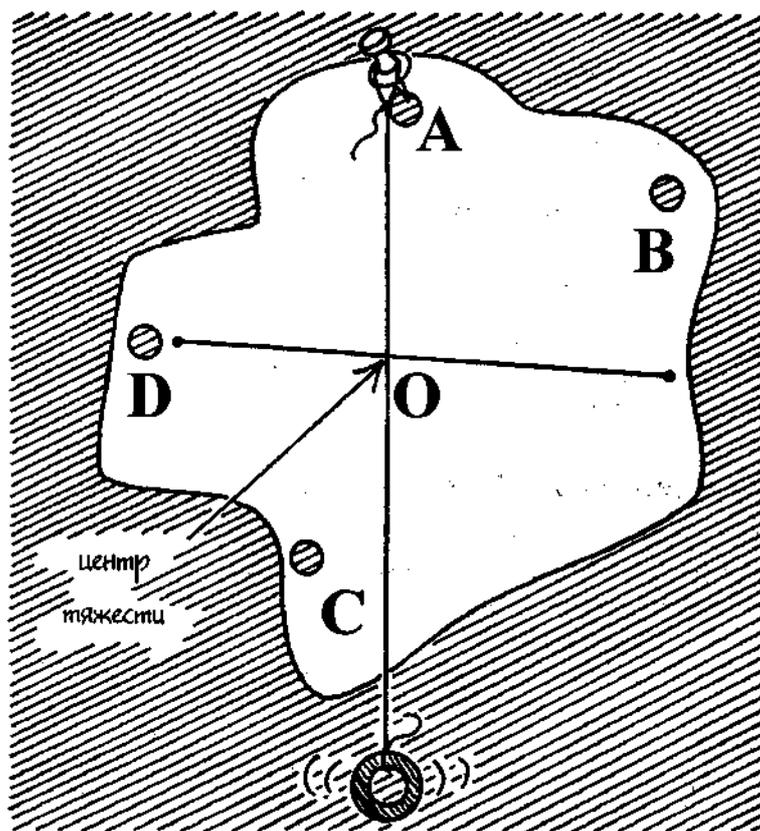
**Материалы:** шило; картон; кнопка; нить, немного длиннее самой широкой части картонки; отвесной груз; маркер.

Ход работы:

С помощью шила я проколола четыре отверстия по краям картонки. Затем подвесила картонку на доску, пришпилив её кнопкой через одно отверстие так, чтобы фигура свободно качалась на кнопке. Потом отрезала кусочек нитки немного длиннее самой широкой части картонки. Я привязала отвесной груз к одному концу нити, а на другом сделала петлю, так чтобы она свободно одевалась на кнопку. Затем накинула петлю на кнопку, на которой висел картон, и отпустила нитку с грузом, чтобы она свободно весела. Я отметила две точки на картоне: одну возле отверстия, а другую - у края; сняла картонку и соединила линией эти точки. Также повторила процедуру, используя другие отверстия в картонке.

## Вывод:

В результате проведённого опыта я убедилась, что подвешивая тело в разных точках и проводя вертикальные прямые, все линии пересекутся в одной точке. Эта точка и есть центр тяжести тела.



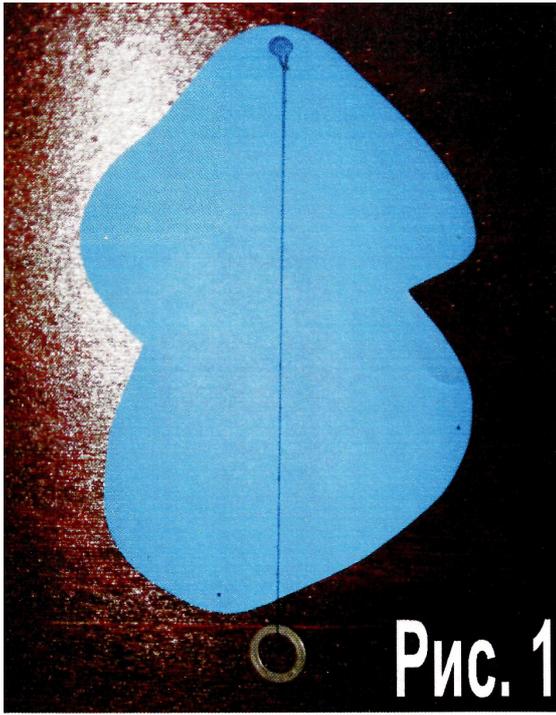


Рис. 1

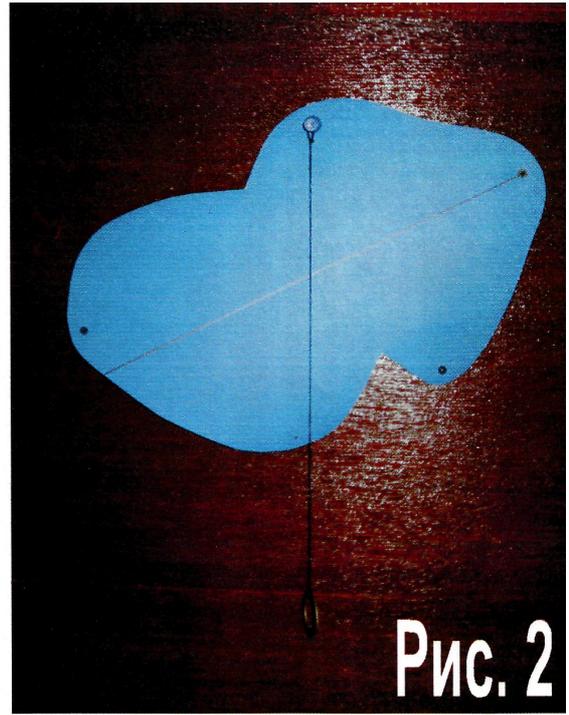


Рис. 2

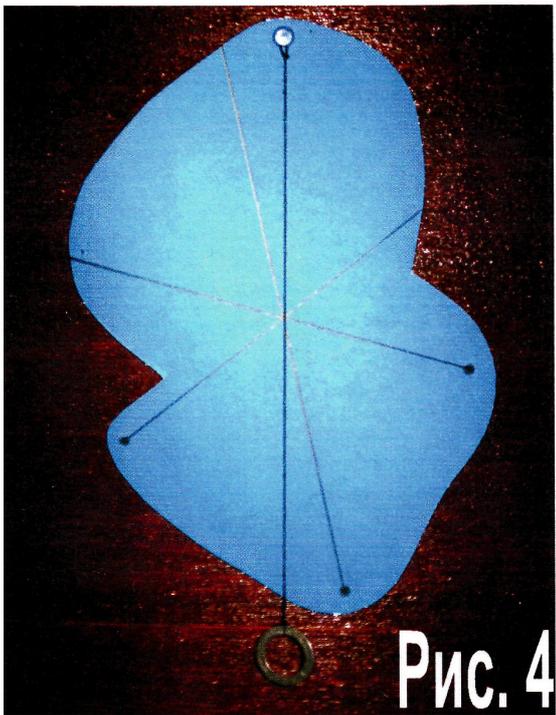


Рис. 4

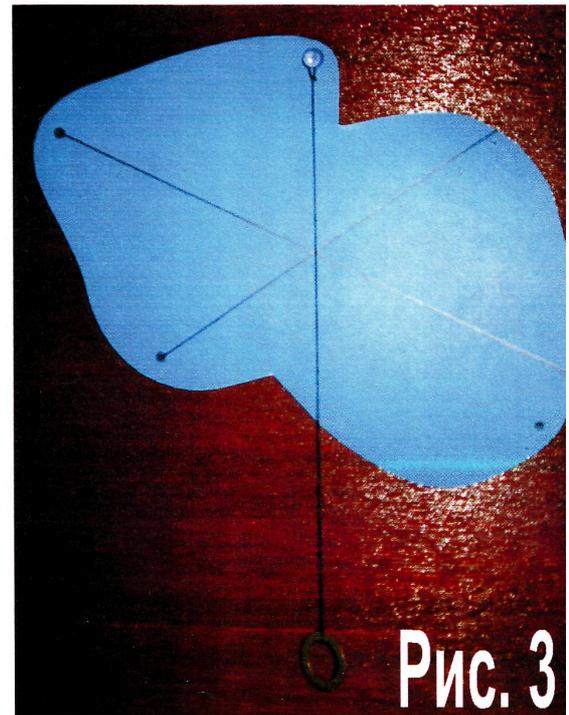


Рис. 3

## **Экспериментальный опыт № 3**

### **«Канатоходец»**

**Цель:** продемонстрировать физическое явление, когда центр тяжести находится вне тела.

**Материалы:** два гофрированных картона размером 10x10 см и 20x20 см, два куска проволоки длиной 20 см и 30 см, 2 металлических груза, верёвка.

**Ход работы:**

Чтобы продемонстрировать это явление я вырезала двух «канатоходцев» из квадратных кусочков гофрированного картона так, чтобы канавки располагались горизонтально, а не вертикально. Взяла проволоку и продела её через нижние канавки картонок. После повесила на её концы металлические грузики. Затем уравновесила фигуры на натянутой верёвке и поэкспериментировала с положением проволоки.

## **Вывод:**

Из проведённого опыта можно сделать вывод, что низкому канатоходцу с длинным шестом быть легче, чем высокому с коротким шестом. Т.к. чем ниже центр тяжести и больше площадь опоры, тем устойчивее тело.



## Экспериментальный опыт № 4

### «Равновесие вилок»

**Цель:** найти центр тяжести данной фигуры

**Материалы:** пробка от бутылки, иголка, две вилки, нитки, изоляционная лента, картон, кнопка, чертёжная доска, линейка.

#### Ход работы:

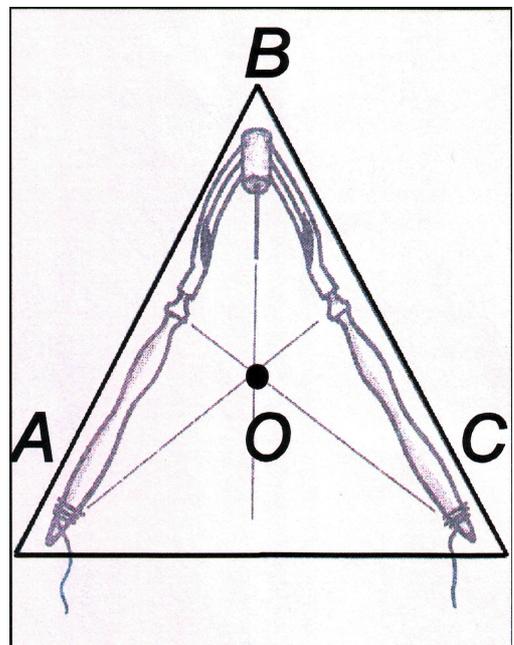
- 1) Я взяла пробку от бутылки и воткнула в самый центр её торца ушком иголку.
- 2) По бокам в пробку воткнула с некоторым наклоном две вилки, чтобы получилась треугольная фигура с пробкой в её вершине.
- 3) Затем я привязала к каждой рукоятке вилки по нитке и закрепила их у самых концов рукояток изоляционной лентой.
- 4) Потом взяла кусок плотного картона, положила на него треугольную фигуру- С помощи иголки и нитки прикрепила картон к каждой вилке. Третья точка крепления - кнопка, воткнутая через бумагу в пробку.
- 5) После я обрезала картон по контуру вилок и подвесила на чертёжной доске, стоящей вертикально, за одну из ниток, прикреплённую к вилке.
- 6) С помощью линейки я провела карандашом на картоне

продолжение нитки, на которой висит фигура.

- 7) Затем повернула треугольник и подвесила его на второй нитке и проделала тоже самое.
- 8) Я подвесила его на третью нитку, привязанную к кнопке, воткнутую в пробку, и тоже прочертила линию.

**Вывод:**

Все три линии пересеклись в одной точке. Эта точка и есть центр тяжести фигуры из вилок. Находится он немного ниже конца иголки. Такое положение центра тяжести обещает очень устойчивое равновесие.



# Заключение

При выполнении этой работы я определила, что центр тяжести - это точка приложения силы тяжести, действующей на тело. Тело, чей центр тяжести нужно найти может быть любой формы.

Расчет положения центра тяжести часто затруднителен и это положение удобнее найти посредством опыта.

В ходе проведённых опытов я определила центр тяжести тел различной формы: параллелограмма; треугольника; тонкой однородной пластинки; фигуры с однородной плоскостью; плоской фигуры неправильной формы.

В ходе работы я исследовала роль центра тяжести в нашей жизни. Я убедилась, что его роль велика, т.к. с центром тяжести мы сталкиваемся в повседневной жизни. Центр тяжести применяется в самолётостроении, машиностроении, кораблестроении, балете, спорте, производстве и т.д. - в самых различных аспектах и сферах жизни людей.

## Список используемой литературы:

- 1) И.П. Гурский « Элементарная физика»
- 2) Ф. Рабиза « Простые опыты»
- 3) Издательство Махаон «Энциклопедия эрудита»
- 4) Ф. Рабиза «Космос у тебя дома»
- 5) Издательство Росмэн «Школьный Атлас.  
Физика»
- 6) Издательство Махаон «Большая школьная  
энциклопедия»
- 7) Издательство АСТ «Всё обо всём»
- 8) Издательство Росмэн «Большая энциклопедия»

# Содержание

1. Введение  
2
  - 1.1 Актуальность.  
3
  - 1.2 Цель.  
3
  - 1.3 Задачи.  
3
2. Основные сведения о центре тяжести  
4
3. Теоретическая часть  
6
  - 3.1 ходьба
  - 3.2 бег
  - 3.3 равновесие
  - 3.4 прыжок
  - 3.5 поддержка
  - 3.6 устойчивость
  - 3.7 принцип «неваляшки»
4. Практическая часть  
19
5. Экспериментальный опыт № 1

23

6. Экспериментальный опыт № 2

25

7. Экспериментальный опыт № 3

28

8. Экспериментальный опыт № 4

30

9. Заключение

32

10. Список используемой литературы

33