

*Гипотеза :*

**Равновесием тел  
можно управлять.**

*Цель :*

**Выяснить,  
что такое равновесие  
и как им можно  
управлять**

Пикассо Пабло «Акробат на шаре» , 1905г.

# РАВНОВЕСИЕ ТЕЛ



Проблемно-исследовательский урок  
Физика 10 класс

# ЗАДАЧИ УРОКА

---

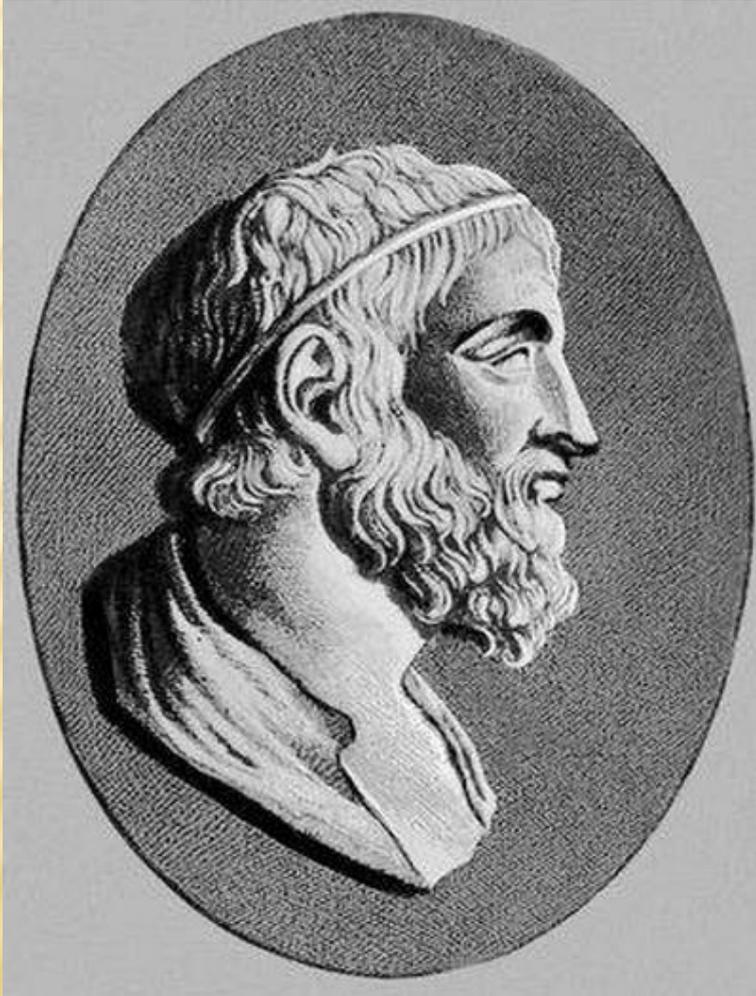
- Дать определение равновесия тел, выяснить условия, при которых тело находится в равновесии.
- Познакомиться с различными видами равновесия.
- Научиться определять центр тяжести тел.
- Рассмотреть практическое применение и учет условий равновесия тел в различных областях жизни.

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

---

- ▣ **Статика** – раздел физики, изучающий условия равновесия тела или системы тел.
- ▣ **Равновесие тела** – это состояние покоя или равномерного прямолинейного движения тела.
- ▣ **Абсолютно твёрдое тело** – тело, у которого деформации, возникающие под действием приложенных к нему сил, пренебрежимо малы.

**«ДАЙТЕ МНЕ ТОЧКУ ОПОРЫ, И Я СДВИНУ ЗЕМЛЮ».  
АРХИМЕД.**

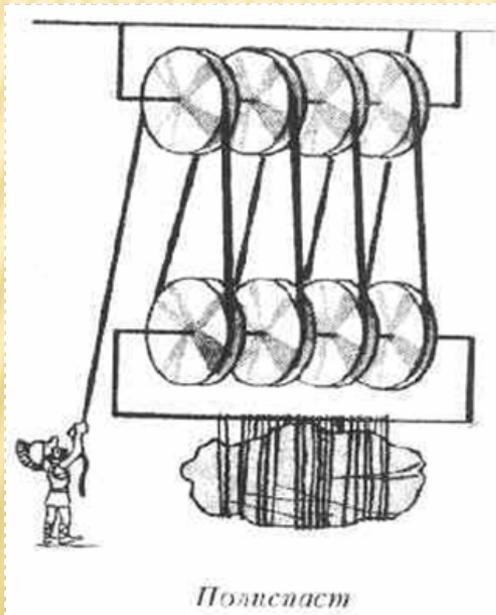
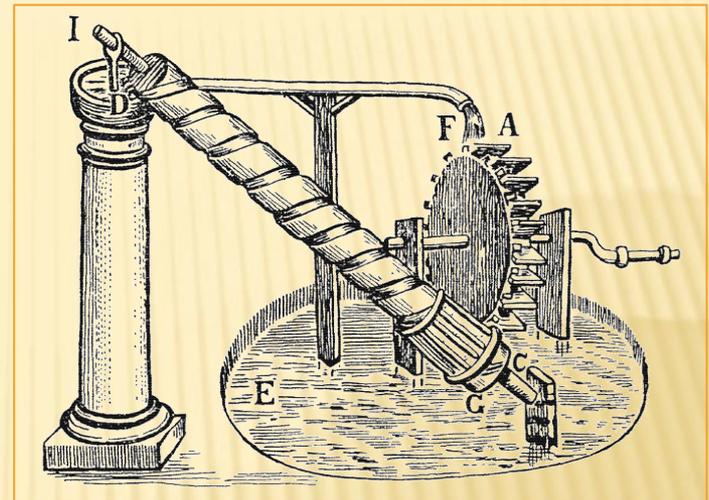


В сочинении «О плавающих телах» изложил закон рычага, метод определения центров тяжести треугольника, параллелограмма, трапеции и привёл открытый им закон о выталкивающей силе, действующей на тела, погружённые в жидкость.

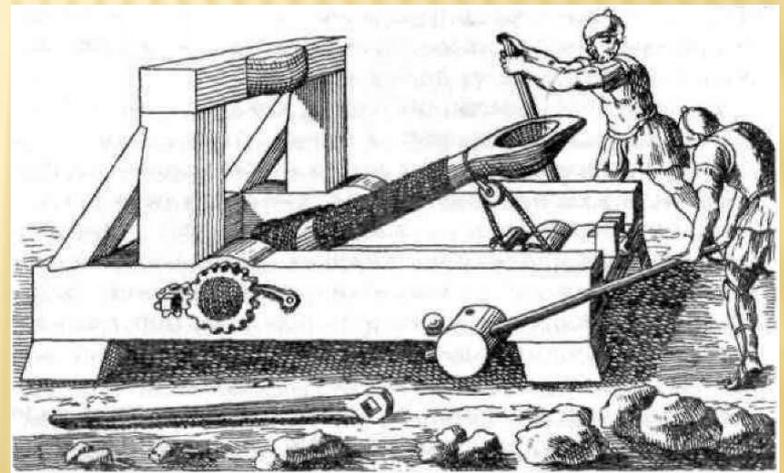
Архимед (287-212 до н. э.)

# ОСНОВНЫЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

- Полиспаст
- Архимедов винт
- Камнеметательные машины



Полиспаст





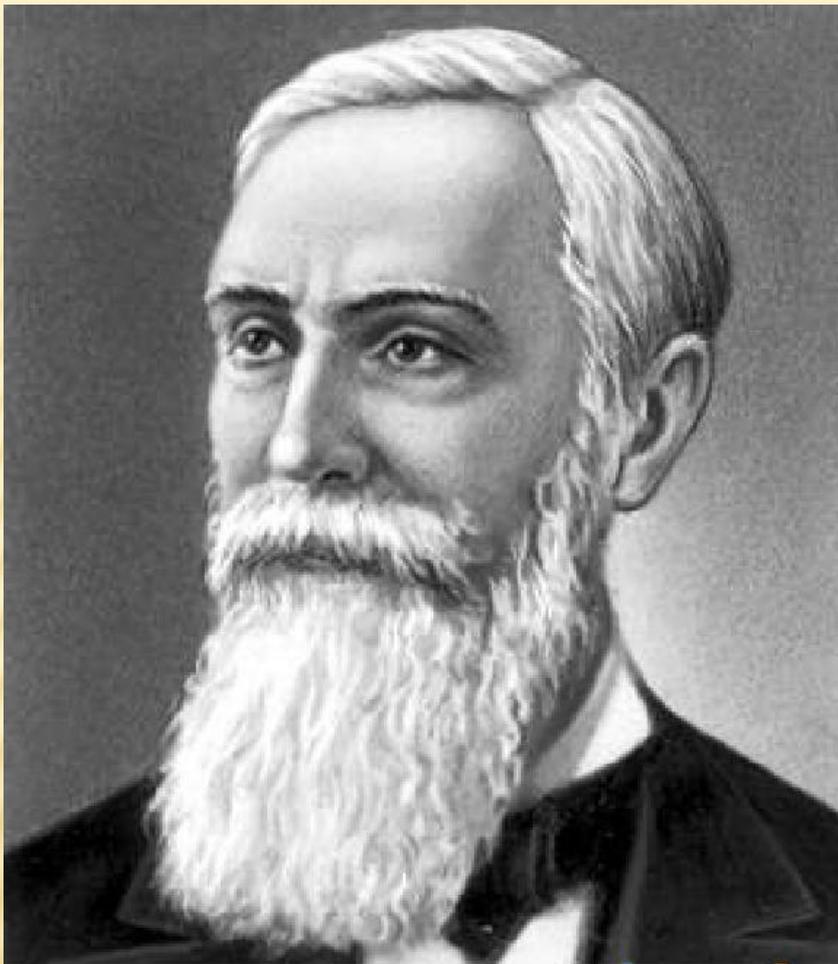
**ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ**

ВСЕ МЕХАНИЗМЫ СВОДЯТСЯ К ПЯТИ  
ПРОСТЕЙШИМ:  
БЛОК, ВОРОТ, НАКЛОННАЯ ПЛОСКОСТЬ,  
КЛИН, ВИНТ



**СИМОН СТЕВИН**

ДОКАЗАЛ, ЧТО СИЛЫ  
СКЛАДЫВАЮТСЯ КАК ВЕКТОРЫ  
РЕШИЛ ПРОБЛЕМУ РАВНОВЕСИЯ  
ТЕЛА НА НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ

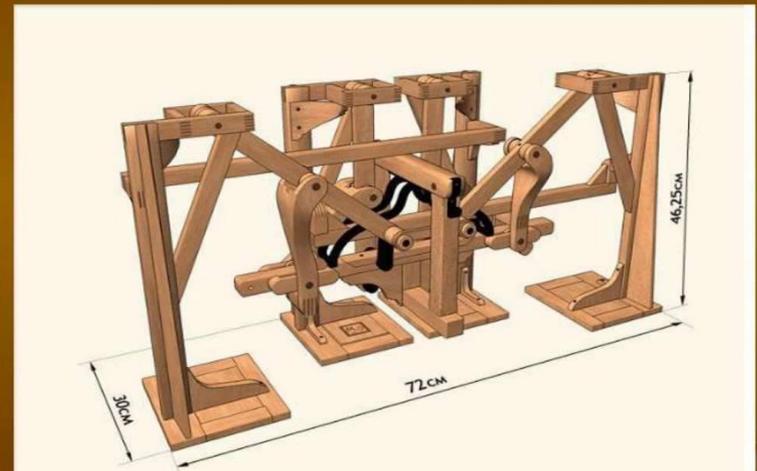


**П. Л. ЧЕБЫШЕВ (1821-1894)**  
**ВЕЛИКИЙ РУССКИЙ**  
**МАТЕМАТИК**  
**И МЕХАНИК**

*Сближение теории с практикой даёт самые благотворные результаты.*

*Чебышев*

Стопоходящая машина  
П.Л.Чебышева.



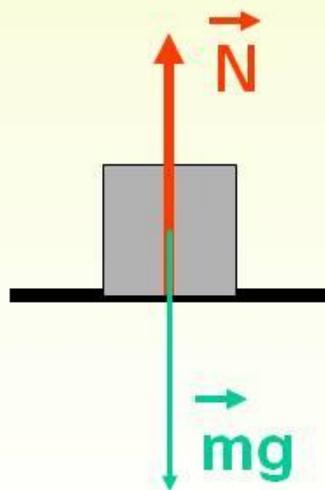
# ДРУГИЕ ВИДЫ СТАТИКИ

- ▣ *Аэростатика* - равновесие газообразных сред, в основном атмосферы.
  - ▣ *Гидростатика* - равновесие жидкостей в поле тяжести.
  - ▣ *Кинестатика* - способы решения динамических задач с помощью аналитических или графических методов статики.
  - ▣ *Электростатика* - взаимодействие неподвижных электрических зарядов.
-

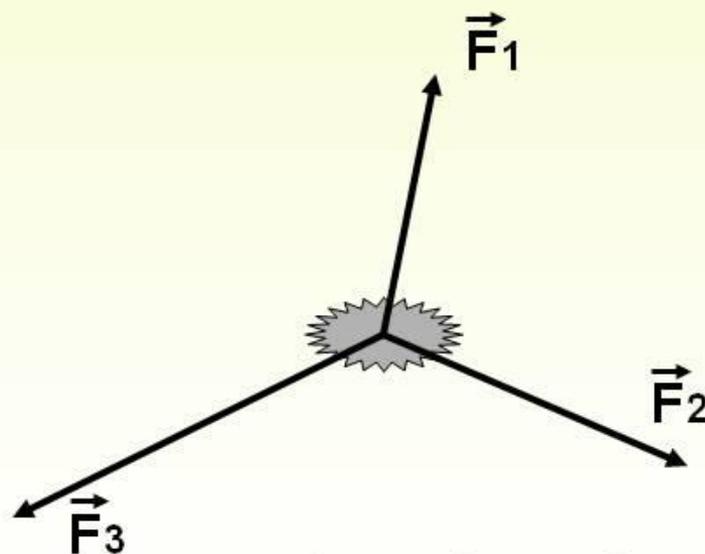
# ПЕРВОЕ УСЛОВИЕ РАВНОВЕСИЯ ТЕЛ

1 условие равновесия тела:

Векторная сумма всех внешних сил действующих на тело должна быть равна нулю.



$$\vec{N} + m\vec{g} = 0$$



$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$$

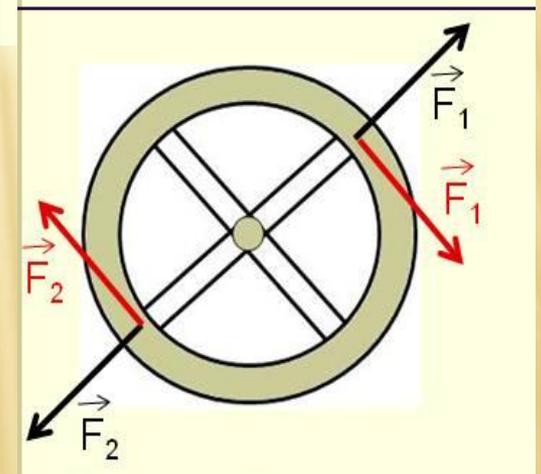
# ВТОРОЕ УСЛОВИЕ РАВНОВЕСИЯ ТЕЛ (ПРАВИЛО МОМЕНТОВ)

- Твердое тело находится в равновесии, если алгебраическая сумма моментов всех сил, действующих на него относительно любой оси, равна нулю.

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0$$

**Плечо силы** - это расстояние от оси вращения до линии действия силы.

**Момент силы** будем считать **положительным**, если сила приводит к вращению тела (например, колеса или рычага) **против часовой стрелки**, и **отрицательным**, если - по часовой стрелке.



# ВИДЫ РАВНОВЕСИЯ



**УСТОЙЧИВОЕ**



**БЕЗРАЗЛИЧНОЕ**

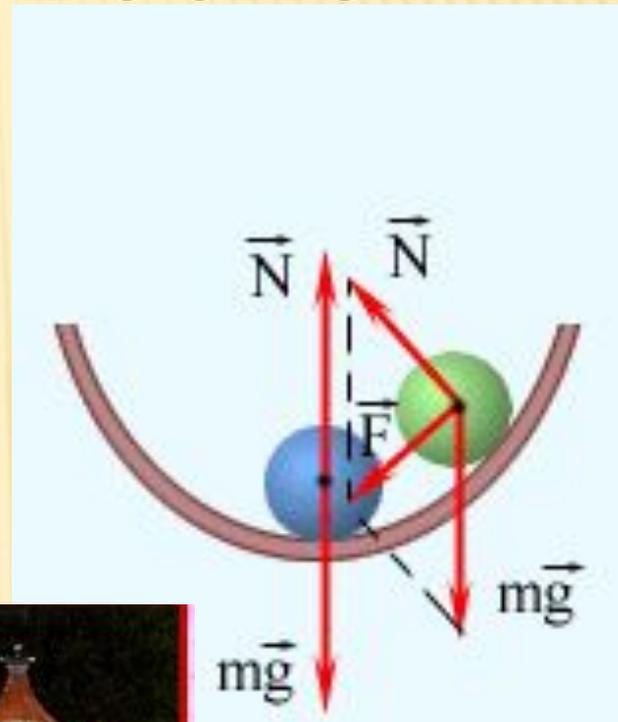


**НЕУСТОЙЧИВОЕ**

# Устойчивое равновесие

*Равновесие называется устойчивым, если после небольших внешних воздействий тело возвращается в исходное состояние равновесия.*

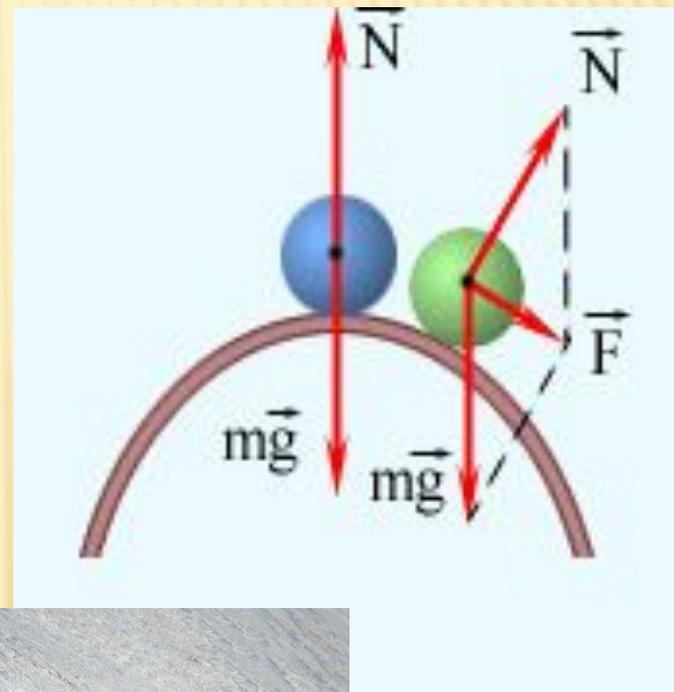
Это происходит, если при небольшом смещении тела в любом направлении от первоначального положения равнодействующая сил, действующих на тело, становится отличной от нуля и направляется к положению равновесия. В устойчивом равновесии находится, например, шар на дне углубления или маятник часов.



# Неустойчивое равновесие

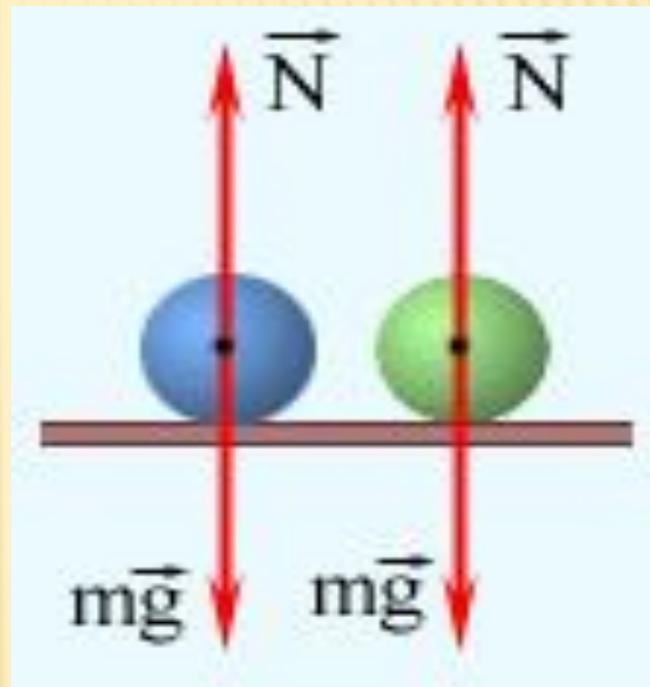
Равновесие называется неустойчивым, если при небольшом смещении тела из положения равновесия равнодействующая приложенных к нему сил отлична от нуля и направлена от положения равновесия.

В неустойчивом равновесии находится, например, сноубордист на склоне горы.



# Безличное равновесие

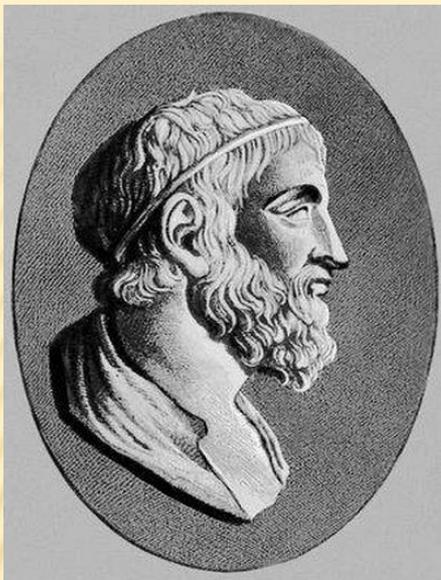
Если при небольших смещениях тела из первоначального положения равнодействующая приложенных к телу сил остается равной нулю, то тело находится в состоянии безразличного равновесия.



В безразличном равновесии находится шар на горизонтальной поверхности или велосипедист.



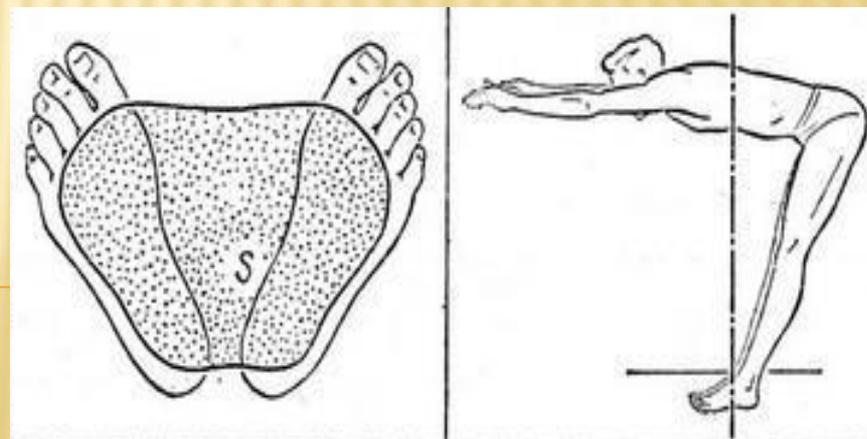
# ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ

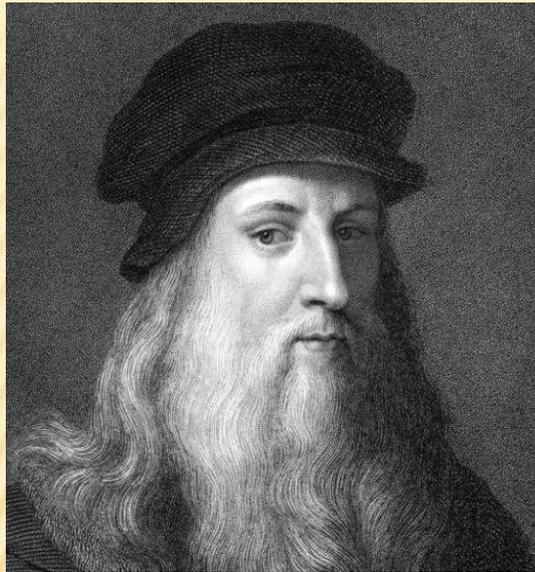


*«Центром тяжести каждого тела является некоторая расположенная внутри него точка — такая, что если за неё мысленно подвесить тело, то оно остается в покое и сохраняет первоначальное положение».*

Архимед. «О равновесии плоских тел»

*«Люди, как известно, твари прямоходящие, а посему их центр масс при стоянии занимает наивысшее положение. Центр тяжести человека расположен в нижней части живота, т.к. вес ног составляет около половины веса тела. Устойчивость тела зависит от положения центра тяжести и от величины площади опоры: чем ниже центр тяжести и больше площадь опоры, тем тело устойчивее».*

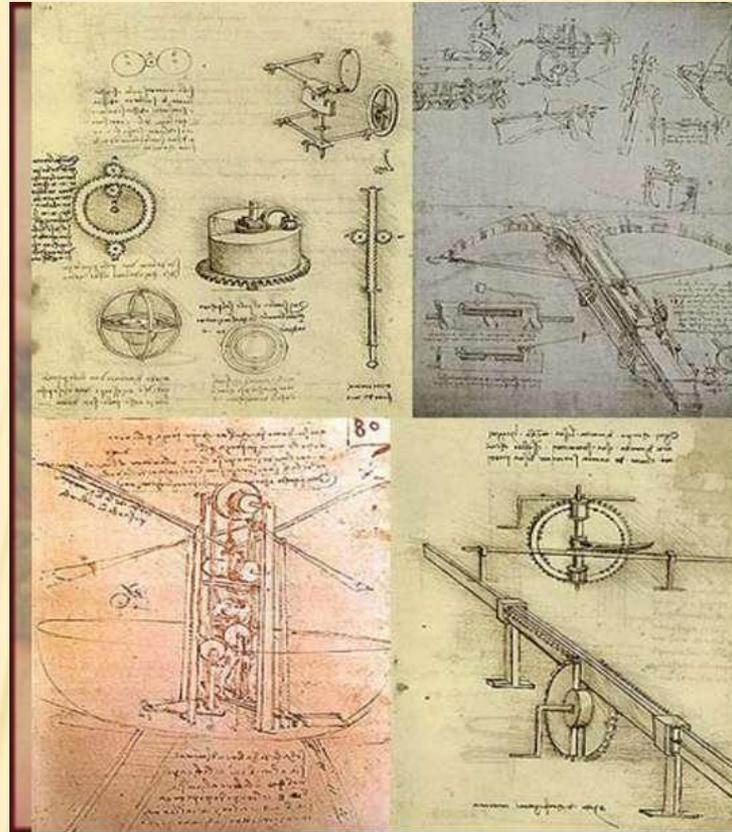




**Леонардо да Винчи**  
(1452 – 1519)

Тело будет в равновесии только тогда, когда центр тяжести находится на вертикали, проходящей через площадь опоры.

А само равновесие тем устойчивее, чем дальше эта вертикаль от границ площади опоры.

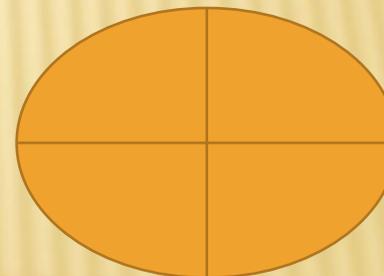
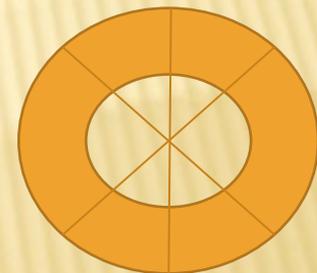
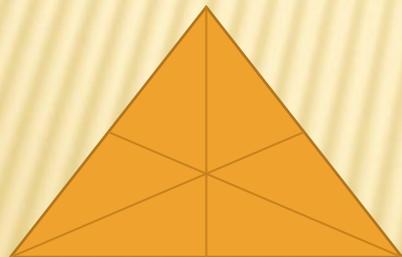


**Чертежи изобретений Леонардо да Винчи**



---

**Точку, через которую проходит равнодействующая сил тяжести при любом расположении тела называют *центром тяжести*.**



# ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

---

*«Определение центра тяжести плоской фигуры неправильной формы».*

**Оборудование:**

штатив с муфтой и лапкой,

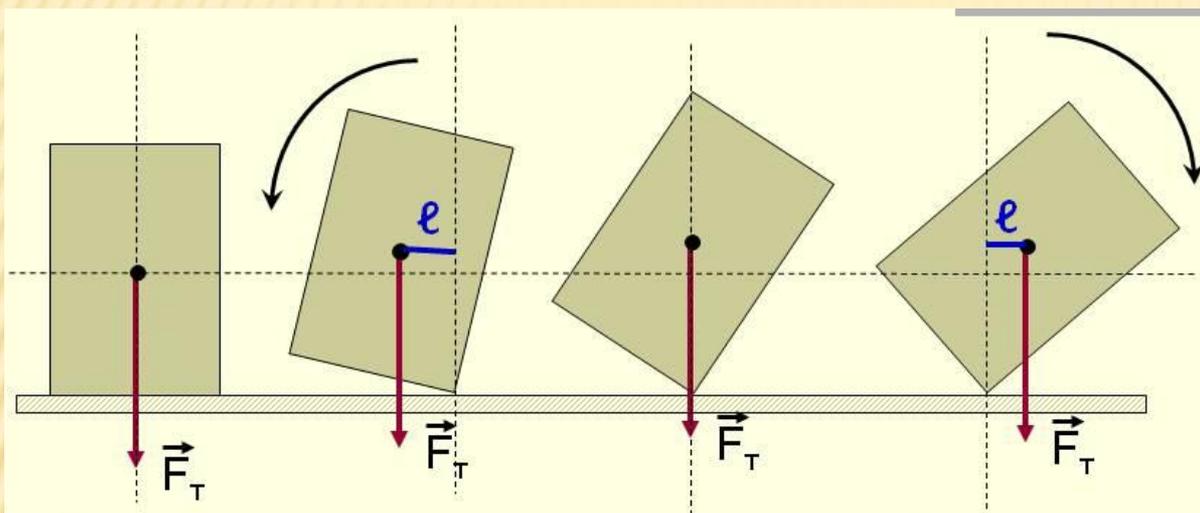
кусочек ластика,

декоративная кнопка,

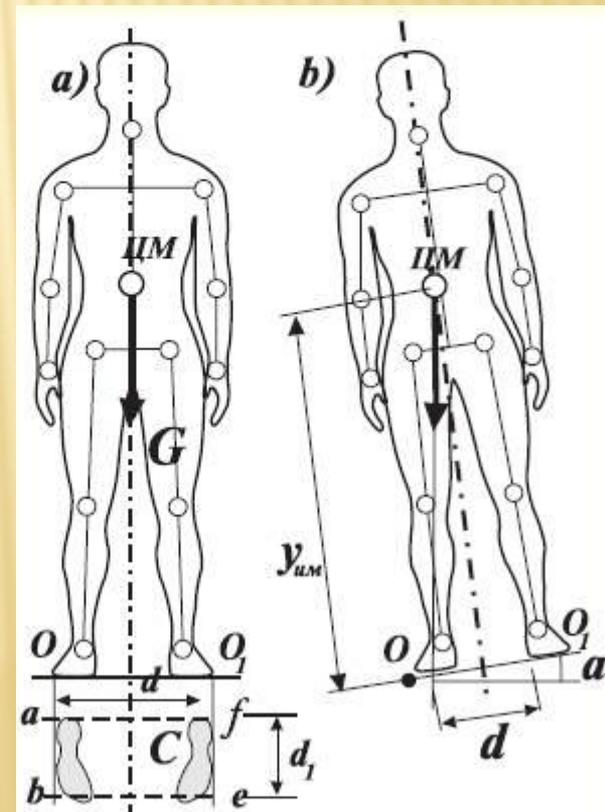
самодельный отвес ,

фигура из бумаги неправильной формы.

# РАВНОВЕСИЕ ТЕЛА НА ОПОРАХ



- Тело, имеющее площадь опоры, будет находиться в равновесии до тех пор, пока линия действия силы тяжести будет проходить через площадь опоры.

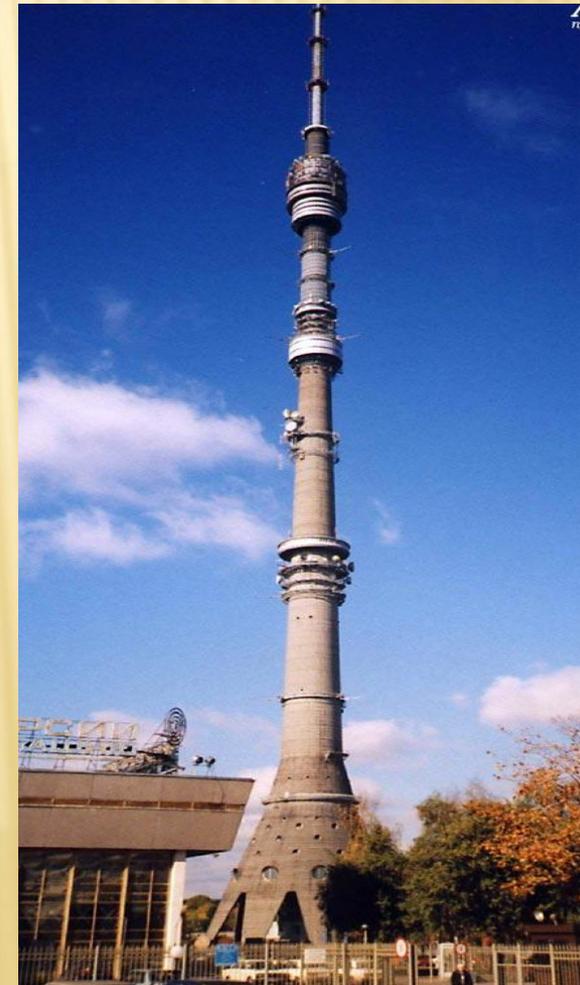


# ВЫВОДЫ

- Если вертикальная линия, проведенная из центра тяжести, пересекает площадь опоры, то тело находится в **устойчивом равновесии**.
- Если вертикальная линия, проведенная из центра тяжести, не пересекает площадь опоры, то тело **опрокидывается**



# ***РАВНОВЕСИЕ В АРХИТЕКТУРЕ***



# РАВНОВЕСИЕ В СПОРТЕ



Проекция центра тяжести не должна выходить за площадь опоры, т.е. соответствовать устойчивому равновесию тела. Используя балансирующие движения, а также регулируя опорные усилия, гимнастка способна сохранять равновесие в момент, когда центр тяжести её тела выходит за пределы площади опоры.

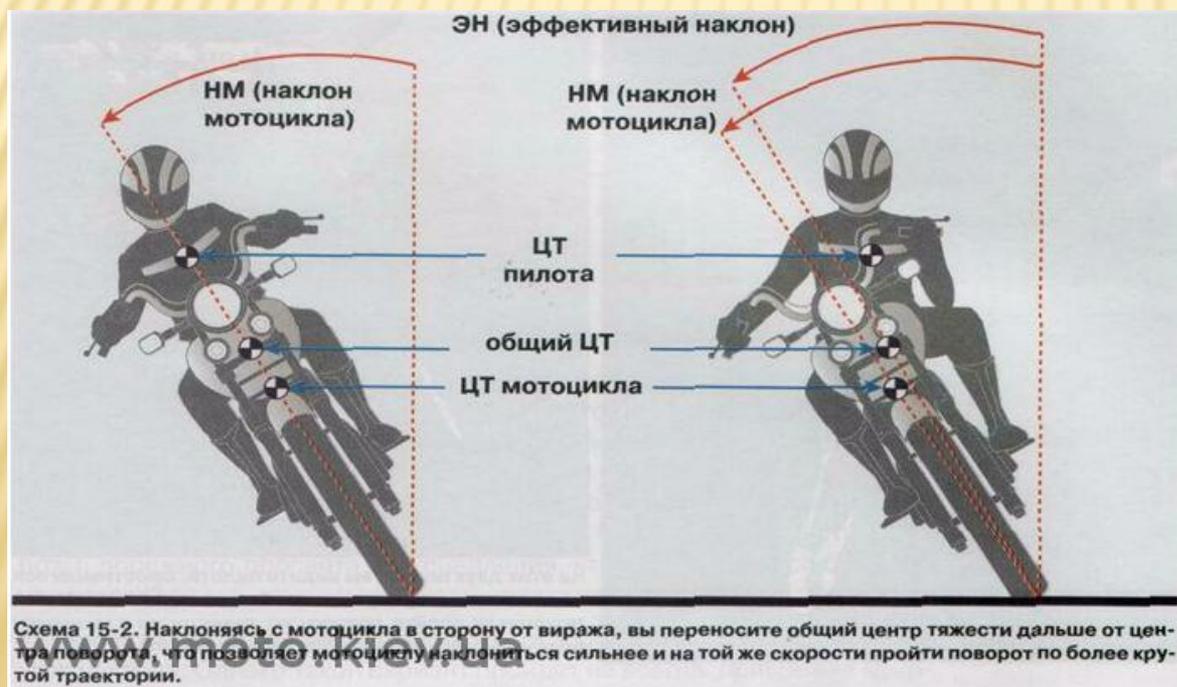


- В положении устойчивого равновесия центр тяжести тела расположен ниже оси вращения, например, у гимнастки, а серфингист или канатоходец поддерживают положение равновесия, смещая часть своего тела, например руку или ногу, в сторону, противоположную той, куда он начинает падать



# РАВНОВЕСИЕ В СПОРТЕ

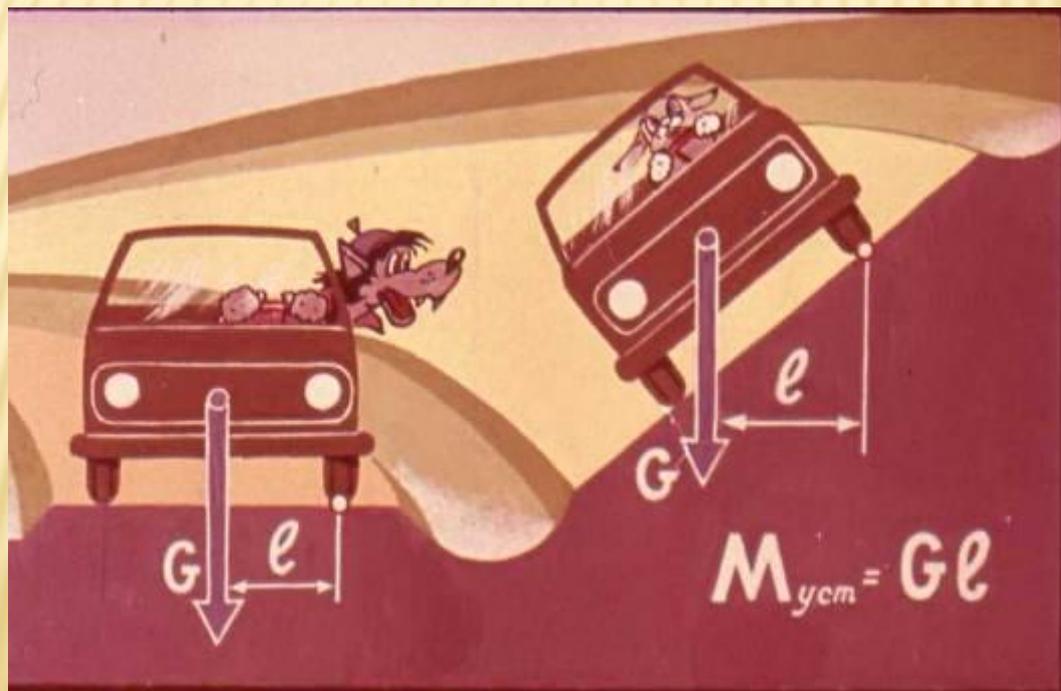
- Равновесие мотоциклиста при движении непрерывно восстанавливается за счёт смещения центра тяжести по отношению к линии, соединяющей точки опоры колёс. Это достигается наклоном корпуса водителя и поворотом руля. Смещение центра тяжести за счёт поворота руля объясняется наклоном оси вращения передней вилки.



Чем ниже центр тяжести, тем на повороте мотоцикл устойчивее, так как надо совершить большую работу для его опрокидывания. Поэтому центр тяжести мотоциклов, велосипедов стремятся понизить.

# РАВНОВЕСИЕ В СПОРТЕ

- Для увеличения устойчивости велосипедов на велотреках и автомобилей на поворотах гоночных трасс полотно наклоняют в сторону поворота, так как при этом возрастает момент устойчивости.



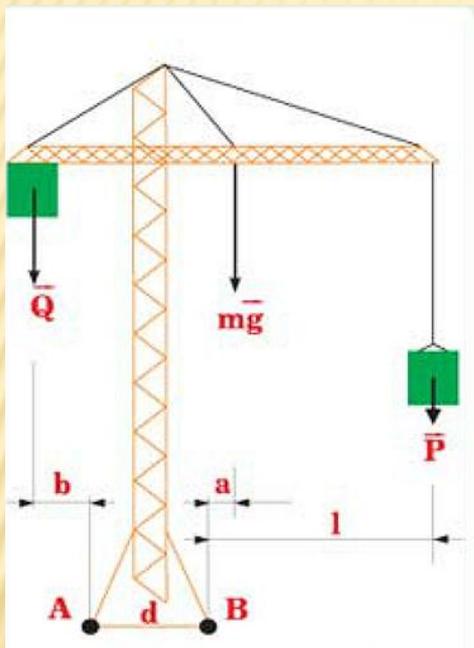
# РАВНОВЕСИЕ В ЦИРКЕ

- В цирке для поддержания равновесия канатоходцы используют большой веер или длинный шест, увеличивая тем самым плечо силы, чтобы при равных моментах уменьшить модуль самой силы, а иногда создают устойчивое равновесие специально занижая центр тяжести, прикрепляя к велосипеду, движущемуся по канату, трапецию с сидящим на ней человеком, свисающую ниже каната



Хождение на ходулях (две точки опоры или линия опоры) осуществляется путём непрерывного смещения центра тяжести относительно линии, соединяющей точки опоры.

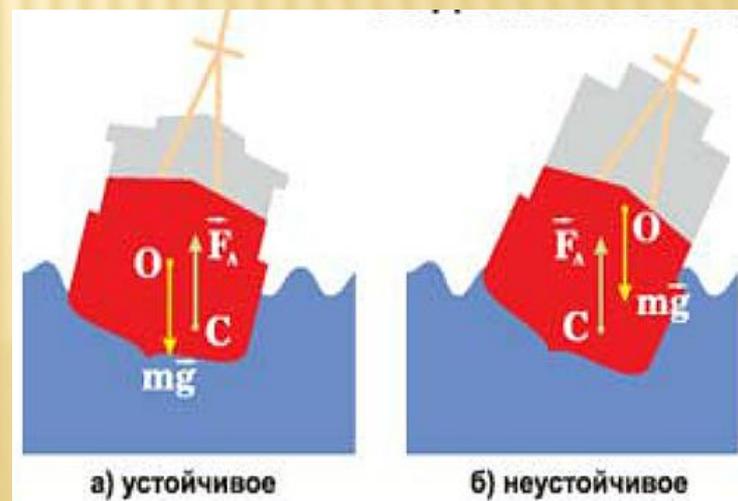
# РАВНОВЕСИЕ В ТЕХНИКЕ



Под действием ветра и волн корабль наклоняется и центр тяжести смещается в сторону наклона. Поэтому тяжёлые грузы размещают в трюмах. Чем ниже центр тяжести корабля, тем выше его устойчивость.

Для обеспечения равновесия тела его опирают на несколько точек. Поэтому подъёмные краны всегда снабжены тяжёлым противовесом

В пожарной технике определяют устойчивость высотной лестницы при максимальном угле с опорной стеной

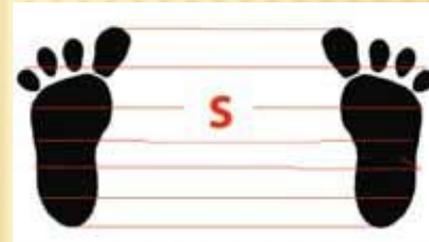


# РАВНОВЕСИЕ ЧЕЛОВЕКА

- Человек - это "тело на опоре". Центр тяжести человека расположен в нижней части живота, т.к. вес ног составляет около половины веса тела. Расположение центра тяжести относительно точек опоры влияет на равновесие тела. Человек не падает до тех пор, пока вертикальная линия из центра тяжести проходит через площадь, ограниченную его ступнями.



Морякам на качающейся палубе корабля придает устойчивость походка "в развалку". При такой ходьбе ноги специально ставятся шире, чтобы захватываемая ступнями площадь опоры была как можно больше.



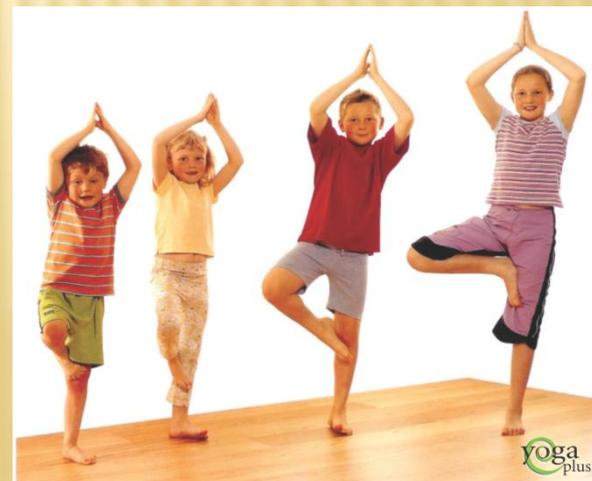
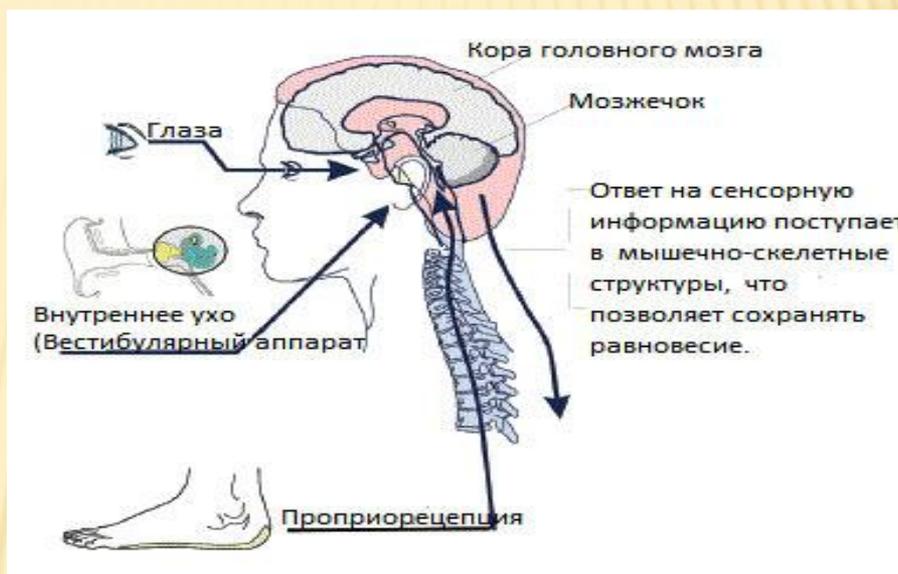
Если встать на одну ногу, то площадь опоры уменьшится, и сохранять равновесие будет труднее.



# РАВНОВЕСИЕ ЧЕЛОВЕКА

□ Равновесие человека регулирует его вестибулярный аппарат. Это орган равновесия, который находится во внутреннем ухе. Если его не тренировать, то мы падаем, нас укачивает в транспорте. Кроме того, он напрямую связан с другими чувствами человека, в том числе со зрением. Стоять на одной ноге становится гораздо сложнее, если закрыть глаза.

Поэтому предупреждение нарушений органа слуха и равновесия важны для жизнедеятельности всего организма .



# ВЫВОДЫ

---

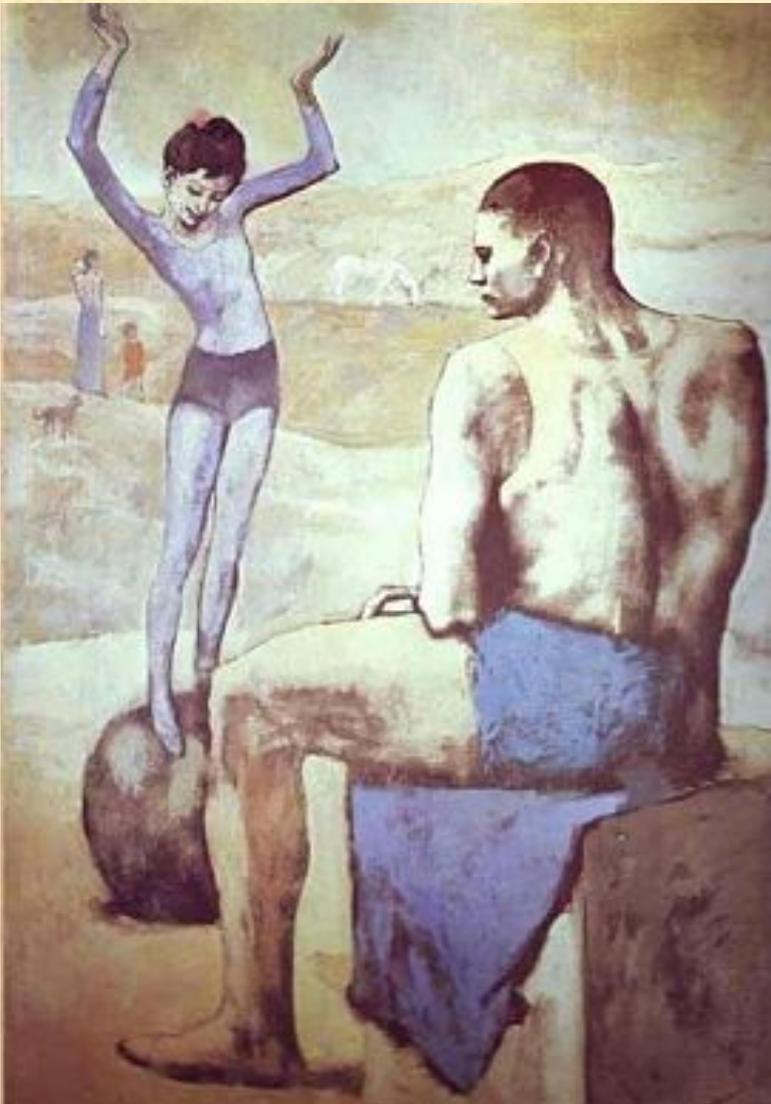
- Равновесие тела – это состояние покоя или равномерного прямолинейного движения тела.
- Существует три вида равновесия: устойчивое, неустойчивое, безразличное.
- Устойчивое положение тела определяет положение его центра тяжести.
- Устойчивость тел на плоской поверхности тем больше, чем больше площадь опоры и ниже центр тяжести.

*Гипотеза :*

**Равновесием тел  
можно управлять.**

*Цель :*

**Выяснить,  
что такое равновесие  
и как им можно  
управлять**



Пикассо Пабло «Акробат на шаре» , 1905г.

# ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

- П. 54 – 55,
- упр. 10 № 1 – 3.
- Творческое задание:  
На памятнике Мухиной «Рабочий и колхозница» шарф находится в руках у девушки, а не на шее. Обоснуйте такое архитектурное решение с точки зрения физики.



## 6. Информационные ресурсы

1. Перельман Я.И. «Занимательная физика. Книга 1» - Москва «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1983
2. Гальперштейн Л. «Забавная физика» - Москва «Детская литература», 1993
3. Том Тит «Продолжаем научные забавы» - Издательский Дом Мещерякова. Москва, 2007
4. Рабиза Ф. В. «Опыты без приборов» - Москва «Детская литература», 1988
5. Большая энциклопедия Кирилла и Мефодия, 2005
6. <http://www.rosuchpribor.ru/russian/prof/tehneh/m5.html>
7. <http://www.phys.nsu.ru/demolab/CentreGravity.html>

# ОПЫТЫ, ОПЫТЫ, ОПЫТЫ

- \* Соревнование двух карандашей.
- \* Опыт с устойчивым равновесием.
- \* Опыт с неустойчивым равновесием.
- \* Устойчивый карандаш.
- \* Удивительная птичка.
- \* Почему же одна?
- \* Равновесие вилок.
- \* А теперь наверху тарелка!
- \* Пирамида из шашек.



# Соревнование двух карандашей (определение центра тяжести)

Возьмем два граненых карандаша и будем держать их перед собой параллельно, положив на них линейку. Начнем сближать карандаши. Сближение будет происходить поочередными движениями: то один карандаш движется, то другой. Даже если вмешаться в их движение, ничего не получится. Они все равно будут двигаться по очереди. Почему это происходит? Как только на одном карандаше давление стало больше и трение настолько возросло, что карандаш дальше двигаться не может, он останавливается. Зато второй карандаш может теперь двигаться под линейкой. Но через некоторое время давление и над ним становится больше, чем над первым карандашом, и из-за увеличения трения он останавливается. А теперь может двигаться первый карандаш. Так, двигаясь по очереди, карандаши встретятся на самой середине линейки, у ее центра тяжести. В этом легко убедиться по делениям линейки.



# Опыт с устойчивым равновесием



Если отвесная линия проходит через точку опоры или подвеса и через центр тяжести, уже можно надеяться, что равновесие будет обеспечено.

Мяч, который лежит так как изображено на фотографии, всегда будет находиться в состоянии равновесия, потому что его центр тяжести будет соединен с точкой опоры отвесной линией, как бы мы мяч не передвигали. Другое дело, чтобы шар удержался на кончике пальца. И хотя такое равновесие будет очень неустойчивым, но все-таки, оказывается, и оно возможно.



# Опыт с неустойчивым равновесием



Не только жонглеры в цирке легко держат большие мячики на кончике пальца, но и животные: дрессированные морские львы удерживают шар на кончике своего носа.

А можно научиться держать мяч на кончике пальца. Весь секрет заключается в том, чтобы быстро передвигать точку опоры — палец под центр тяжести мячика. Как только мяч начнет падать, он сдвинется с отвесной линии, соединяющей его центр с точкой опоры. Сразу же надо выправить положение — подвести точку опоры под центр мяча. Быстрые движения для восстановления равновесия почти не будут со стороны заметны.





# УСТОЙЧИВЫЙ карандаш

Если в предыдущем опыте пришлось искусственно бороться с неустойчивым равновесием, то в этом опыте никакого искусства не понадобится. Это старинный, очень наглядный опыт. Заточим карандаш, чтобы у него был острый конец, и немного выше конца воткнем полураскрытый перочинный нож. Поставим острие карандаша на указательный палец, и карандаш будет стоять на пальце, слегка покачиваясь. Теперь вопрос: где находится центр тяжести карандаша и перочинного ножа? Ответ простой: на пересечении отвесной линии, проведенной через точку опоры и рукоятку ножа. То есть в самой рукоятке, значительно ниже точки опоры.





# УДИВИТЕЛЬНАЯ ПТИЧКА

Устойчивое равновесие потому и устойчиво, что стоит его нарушить (например, отклонить неваляшку в сторону), как тут же возникают силы, стремящиеся вернуть систему к исходному положению. Этот вид равновесия используется при создании игрушек, к примеру этой удивительной птички.



# Почему же одна?



ОПЫТЫ

Поставлю на стол все 28 костей домино так, как показано на фотографии.

Сделать это не просто. Прежде всего, нужен хороший, ровный стол. И стоять он должен прочно, не шатаясь. Но и при этом возвести такую хрупкую постройку на одной косточке едва ли удастся. Лучше сначала поставить не одну косточку, а три. И только потом, когда все будет построено, осторожно убрать две крайние косточки, которые служили подпорками. Их нужно поставить на вершину получившегося сооружения. И даже при всех предосторожностях немало придется повозиться, пока удастся закончить постройку. А вот опрокинуть этого «великана на одной ноге» ничего не стоит. Дунь сильнее — и все рассыплется! Вот оно - неустойчивое равновесие!



# Равновесие ВИЛОК



ОПЫТЫ

Возьмем бутылочную пробку (из пробкового дерева) и воткнем в ее торец, в самый центр, иголку ушком в пробку. По бокам в пробку воткнем, по возможности симметрично, две вилки с некоторым наклоном, чтобы получилась треугольная фигура с пробкой в ее вершине.

Возьмем бутылку, положим на ее горлышко пятирублевую монету и поставим на нее конец иголки. Наши вилки чувствуют себя настолько устойчиво, что их даже можно вращать вокруг горлышка бутылки. Прикрепим теперь к одной из вилок кусочек пластилина или хлебного мякиша. Вся система немного наклонится, но не упадет. На этом принципе работают аптечные и лабораторные весы.





# А теперь наверху тарелка!

Можно ли уравновесить тарелку на острие иглы? Для этого нужно подобрать что-нибудь потяжелее. В нашем опыте взяты четыре вилки. Только они должны быть стальные или мельхиоровые: алюминиевые слишком легки.

Разрежем по длине две корковые пробки. В каждую из четырех половинок воткнем по вилке так, чтобы угол между плоскостью среза и вилкой был чуть-чуть меньше прямого. Разместим вилки с пробками по краю тарелки на равных расстояниях одна от другой. Теперь тарелку удастся наконец уравновесить на острие иглы, всаженной в пробку. На глаз кажется, что это невозможно, — и все-таки она стоит! Тарелку можно даже заставить вращаться, если раскрутить достаточно осторожно. И вращаться она будет долго. Ведь трение между кончиком иглы и тарелкой очень невелико.



# Пирамида из шашек



ОПЫТЫ

Построим пирамиду (как показано на фото). Для этого положим на стол центральную шашку, окружим ее четырьмя шашками, стоящими так, чтобы образовалась форма креста. Положим теперь шашку на края стоячих шашек, ее внешняя поверхность будет в плоскости, касательной к этим четырем шашкам. Сделав это, положим четыре шашки таким образом, чтобы их центры находились соответственно над центрами нижних шашек. Вот и первый ряд. Продолжаем таким образом до пятого ряда.

Дальнейшая работа требует уже особой осторожности и ловкости. Нужно не только убрать шашки, придерживающие стоячие, но еще и освободить две шашки, которые закрыты первым рядом. Выложим из убранных шашек шестой ряд, а затем последние положим на верх пирамиды. Полученное сооружение - пример неустойчивого равновесия.





## 5. *Выводы*

В ходе проведенных исследований я выяснила что такое равновесие и как им можно управлять.

Для этого я провела опыты и узнала, что из безличного равновесия можно перейти в неустойчивое, а из неустойчивого в устойчивое.

Значит гипотеза о том, что равновесием можно управлять подтвердилась.