



Ума палата

E-mail: umapalata@nkj.ru

ПОЗНАВАТЕЛЬНО-РАЗВИВАЮЩИЙ РАЗДЕЛ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ

Если в поисковике набрать «весы, картинки», то первыми вы увидите изображения равноплечих рычажных весов, подобных тем, что держит в руке богиня правосудия Фемида. Такие весы известны с III тысячелетия до н. э., а теоретическое обоснование их работы дал Архимед в III веке до н. э. Благодаря простоте и наглядности процесса взвешивания эти весы до сих пор используют, например, в школьных кабинетах физики и химии.

В равноплечих рычажных весах точки опоры и подвеса чаш образуют равнобедренный треугольник (коромысло). Если коромысло наклоняется, одно его плечо, опускаясь, укорачивается, а другое, соответственно поднимаясь, удлиняется. Возникающий крутящий момент сил тяжести возвращает коромысло в горизонтальное равновесное состояние.

Груз, который надо взвесить, ставят на одну из чаш, что выводит весы из равновесия. Затем вторую чашу весов нагружают таким набором гирь из комплекта разновесов, чтобы коромысло пришло в равновесное состояние, расположившись неподвижно и горизонтально. Тогда масса взвешиваемого груза равна сумме масс всех использованных гирь. Заметим, что в быту понятия веса (силы, с которой тела действуют на чашу) и массы часто отождествляют.

Равноплечим рычажным весам присущ ряд недостатков: неравенство длин плеч коромысла при его перекосе, а следовательно, необходимость предварительно привести его в гори-



Богиня правосудия Фемида.

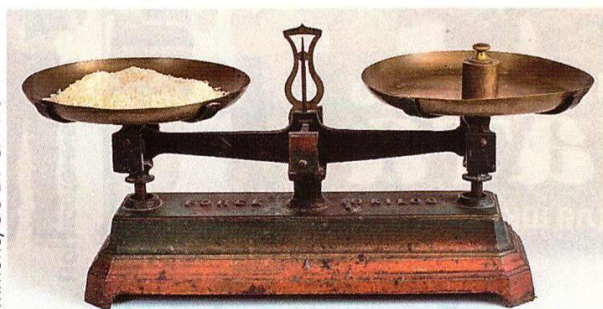
ВЕСЫ РОБЕРВАЛЯ

Кандидат педагогических наук **Рустам ДАМИНОВ**,
Зарема ЕГОРОВА, Казанский
(Приволжский) федеральный университет.

зонтальное положение, трата времени на подбор уравнивающих гирь, наличие мешающих подвесных тросов, что в совокупности обуславливает низкую скорость взвешивания. Кроме того, для работы нужен комплект калиброванных гирь. →

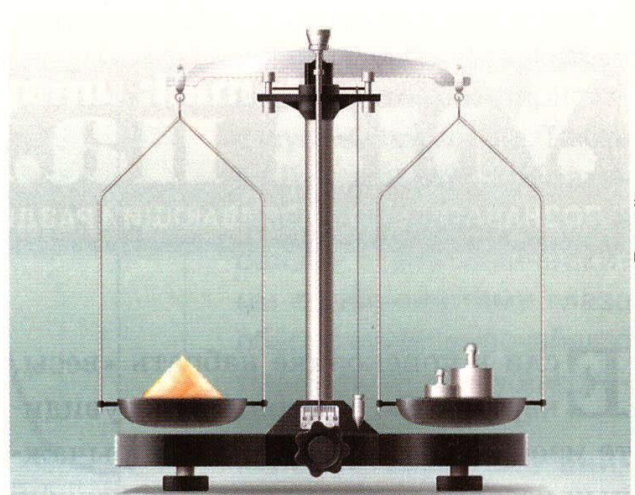
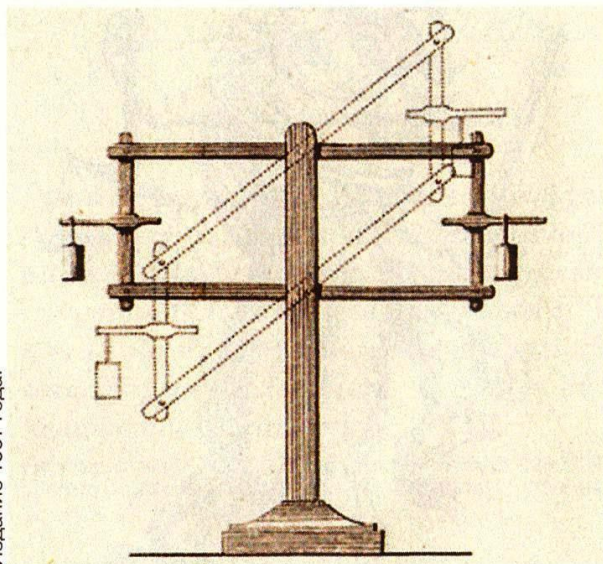
● КАК ЭТО УСТРОЕНО

Фото: Sqouj/Wikimedia Commons/CC BY-SA 4.0



Торговые весы конструкции Роберваля.

Рисунок из книги Луи Пуансо «Elements de statique». Издание 1837 года.



Равноплечие (коромысловые) весы.

Иллюстрация: macrovector on Freepik

Шарнирный параллелограмм — основа изобретения Роберваля. При его повороте обе боковые стороны остаются вертикальными. Для демонстрации «парадокса» к ним жёстко прикреплены короткие горизонтальные стержни. Видно, что эти весы находятся в равновесии и при несимметричном расположении грузов. В торговых весах на фото сверху нижний стержень шарнирного параллелограмма скрыт в подставке.

Если чаши или поддоны не подвешивать к точкам, а прикреплять к самому рычагу, то на результаты взвешивания будет влиять расположение на них груза и гири, ведь от этого зависит величина плеч. Поэтому так никто не делал, пока в 1669 году французский математик, механик и астроном Жиль Персонн де Роберваль (1602—1675)

не представил Парижской академии наук изобретённые им весы, в которых эта проблема была решена.

В основе конструкции весов Роберваля лежит шарнирный параллелограмм, составленный из четырёх жёстких стержней. Две противоположные стороны параллелограмма закреплены на стойке с помощью находящихся в середине каждой из них неподвижных шарниров так, что при любом их повороте две другие стороны параллелограмма остаются вертикальными. К ним сверху жёстко прикреплены плоские чаши, всегда сохраняющие горизонтальное положение. На одну из них ставят взвешиваемый груз, а на другую — уравновешивающие его гири.

Роберваль экспериментально доказал кажущееся парадоксальным свойство данной механической системы: если вес груза, размещённого на

Фото: Alexandre Jaborska/Wikimedia Commons/PD



Гигантские весы Роберваля, установленные в деревне, где родился изобретатель.

Настоящее имя изобретателя весов, уравновешивающихся при любом положении груза и гирь на чашах, Жиль Персонн (Персонье), а Роберваль — название деревни, где он родился, которое с разрешения местного сеньора он добавил к своему имени. Роберваль известен не только изобретением

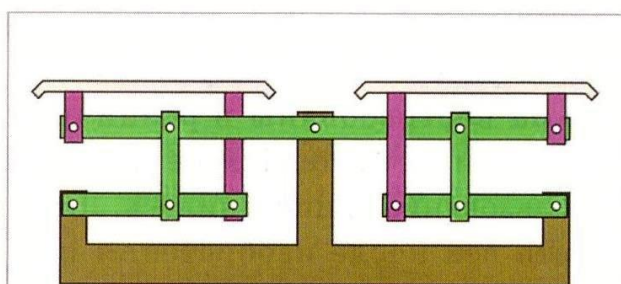
весов, но и серьёзными исследованиями и открытиями в математике, физике и астрономии. Более сорока лет он возглавлял кафедру математики в Королевском колледже (сейчас Коллеж де Франс, Париж). Одним из требований пребывания на этой должности было формирование математиче-

ских проблем и их решение. Место доставалось тому, кто лучше других справлялся с поставленными задачами. Так вот, согласно этому условию, Роберваль оставался на своём посту до самой смерти. Он был одним из семи учёных, основавших в 1666 году Королевскую академию наук.

одной чаше, равен суммарному весу гирь на другой, то система уравновешивается при любом положении груза и гирь на чашах! То есть равновесие не зависит от того, на какие места чаш они установлены, хотя, казалось бы, моменты сил должны при этом меняться. Объяснить это изобретатель не смог, назвав «статической загадкой», энигмой.

Правильное объяснение «парадокса Роберваля» методами геометрической статики дал французский математик Луи Пуансо в своих «Началах статики» в 1804 году. Наблюдаемый эффект связан с компенсирующим действи-

ем горизонтальных сил реакции, возникающих в закреплённых на стойке шарнирах. Можно дать и другое объяснение. В данной системе, независимо от положения грузов, на сколько



Модель механизма взвешивания весов Беранже (1849 год).

Источник: The Board of Trustees of the Science Museum

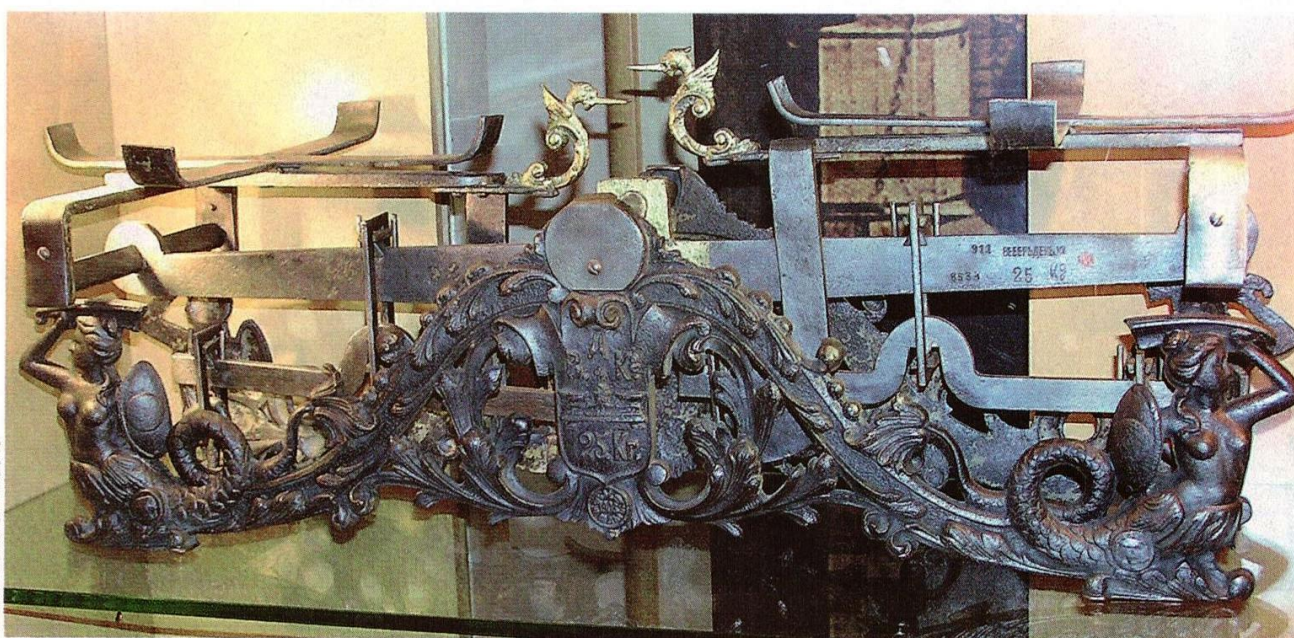
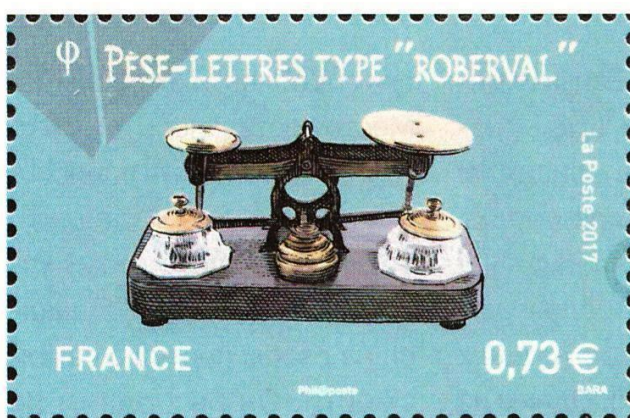


Фото: Andrew Butko

Весы Роберваля—Беранже, изготовленные в России в начале XX века. Государственный музей истории Санкт-Петербурга.



Французская марка 2017 года, посвящённая использованию весов Роберваля почтовой службой.

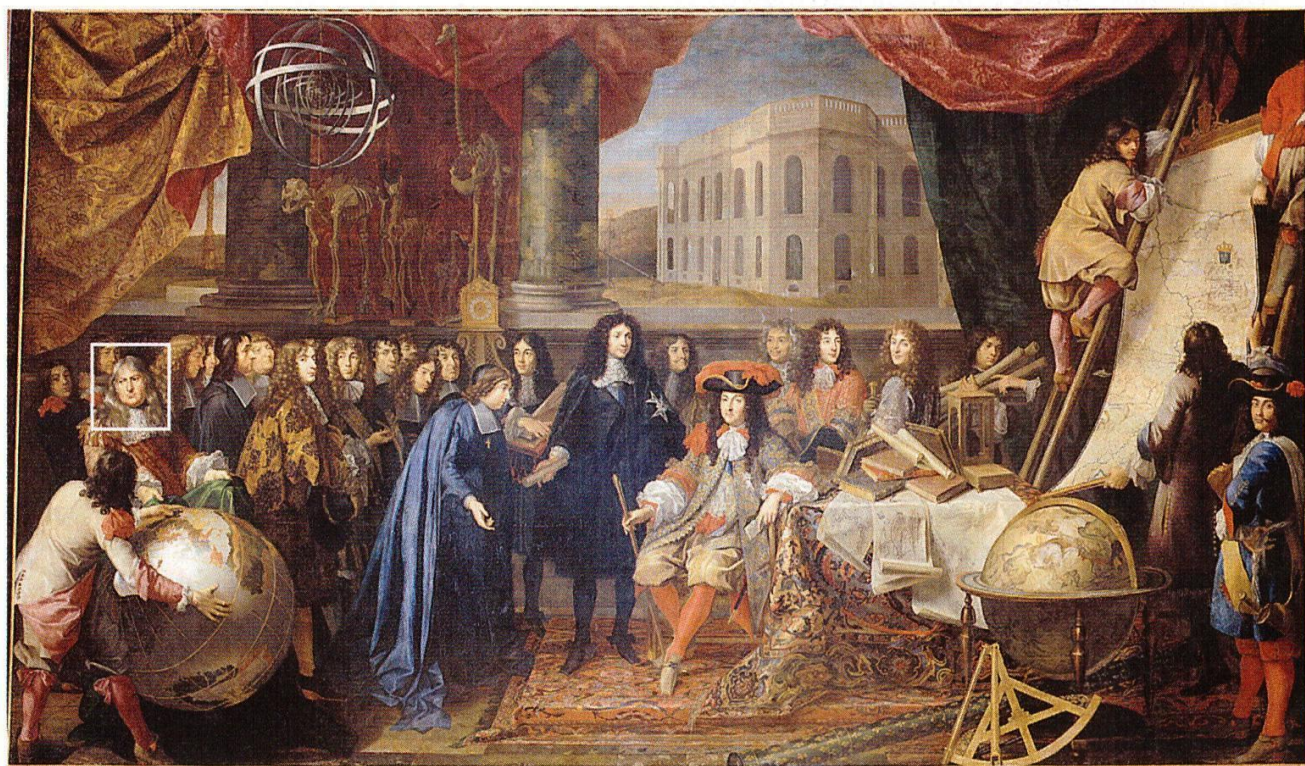
опустится одна чаша, на столько поднимется другая. В результате положение центра тяжести не изменится и равновесие сохранится.

Весы Роберваля менее точные, технически более сложные и дорогие в производстве, чем обычные весы с подвесными чашами, но они значительно удобнее. Поэтому оказались весьма востребованы в розничной торговле и на почте. Тем не менее их использование припозднилось. Лишь спустя век после изобретения пер-

вые такие весы были изготовлены в Англии под названием «французские весы», а в самой Франции их начали производить только в начале XIX века и, что забавно, назывались они «английскими весами».

В середине XIX века владелец весовой фабрики Жозеф Беранже улучшил конструкцию весов Роберваля (патент выдан в 1849 году), дополнив её вспомогательными рычагами. В этой конструкции во время качания чаши не перемещались по горизонтали, кроме этого удалось уменьшить силу трения в шарнирах и повысить чувствительность весов.

Весы Роберваля—Беранже были запущены в массовое производство в начале XX века и до сих пор используются во всём мире, в том числе на прилавках продуктовых рынков и магазинов нашей страны. Лишь в 1980-х годах появление электронных весов с тензодатчиками постепенно положило конец крупномасштабному производству весов Роберваля.



Источник: Wikimedia Commons/PD

Шарль Лебрён. Представление Людовику XIV Королевской академии наук (основана в 1666 году). Роберваль стоит третий слева (обведён рамкой). Приблизительно 1673—1681 годы. Музей истории Франции, Версаль.