

История и методология механики

Лекция № 3

Чиненова Вера Николаевна

v.chinenova@yandex.ru

Как вытаскивать провалившийся под лед автомобиль?



Как вытаскивать провалившийся под лед автомобиль?



Как вытаскивать провалившийся под лед автомобиль?



Как джип вытаскивали из полыньи: операция «Бурятский ворот»

1 За заднюю ось машины цепляют трос с крюком.

25 м.

2 Во льду делают небольшую прорубь, вбивают 3-метровую водопроводную трубу. К ней тросом прицепляют бревно, с помощью которого начинают вращать ворот.

3 Крутят ворот - джип медленно поднимается на передние колеса.

4 Под днище подставляют лаги из досок - они сколочены точь-в-точь под ширину внедорожника.

5 Далее проще: джип по принципу лебедки вытаскивают из полыньи.

На все - около 30 минут

2 м.

Дно Байкала

Иллюстрация: Игорь С. БУРЯТ

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ УЧЕНИЯ О РАВНОВЕСИИ

**Направление геометрической статики в
трудах последователей Архимеда
в XVI-XVII веках**

Геометрическая статика в XVI-XVII вв.

К XI—XVI вв. труды Архимеда были в Европе забыты, и интерес к геометрической методике решения задач статики не проявлялся. Знакомство с трудами Архимеда началось после разгрома турками Византии (взятие Константинополя—1453 г.), когда беженцы-греки завезли в Италию некоторые античные манускрипты. Одной из особенностей эпохи Возрождения был активный интерес к прошлому, к античному искусству и науке.

Геометрический подход (геометрическая статика): в основе лежит геометрическое представление сил (в виде отрезков) и манипуляция с этими отрезками в рамках правила параллелограмма сил и системы пары сил. Кинематические соображения не применяются. Классический пример геометрической статики – работы Архимеда.

Кинематический подход: в основе лежит принцип *возможных* перемещений (или скоростей). Реально тело находится в равновесии. Но при этом условия равновесия получаются при предположении о *возможных* движениях частей системы (в простейших случаях – это обычные перемещения за конечное время, в более сложных – инфинитезимальные за бесконечно малое время). Кинематический подход лежит у истоков аналитической линии в развитии механики.

Труды последователей Архимеда в XVI-XVII веках

Последователи Архимеда XVI в. объявили учение о равновесии, связанное с рассмотрением перемещений в статике, лишенным научного значения.

- Глава архимедовой школы в Италии в XVI в. **Гвидо Убальди (маркиз Дель Монте)** считал, что в вопросе о равновесии и устойчивости весов Иордан Неморарий «нагромоздил развалины».
- **Симон Стевин** также резко критиковал методику оперирования перемещениями грузов при изучении равновесия:

- Трактат С.Стевина «Начала статики»
- Доказательство правила равновесия грузов на двух наклонных плоскостях
- Закон сложения и разложения сил

Симон Стевин (1548-1620)

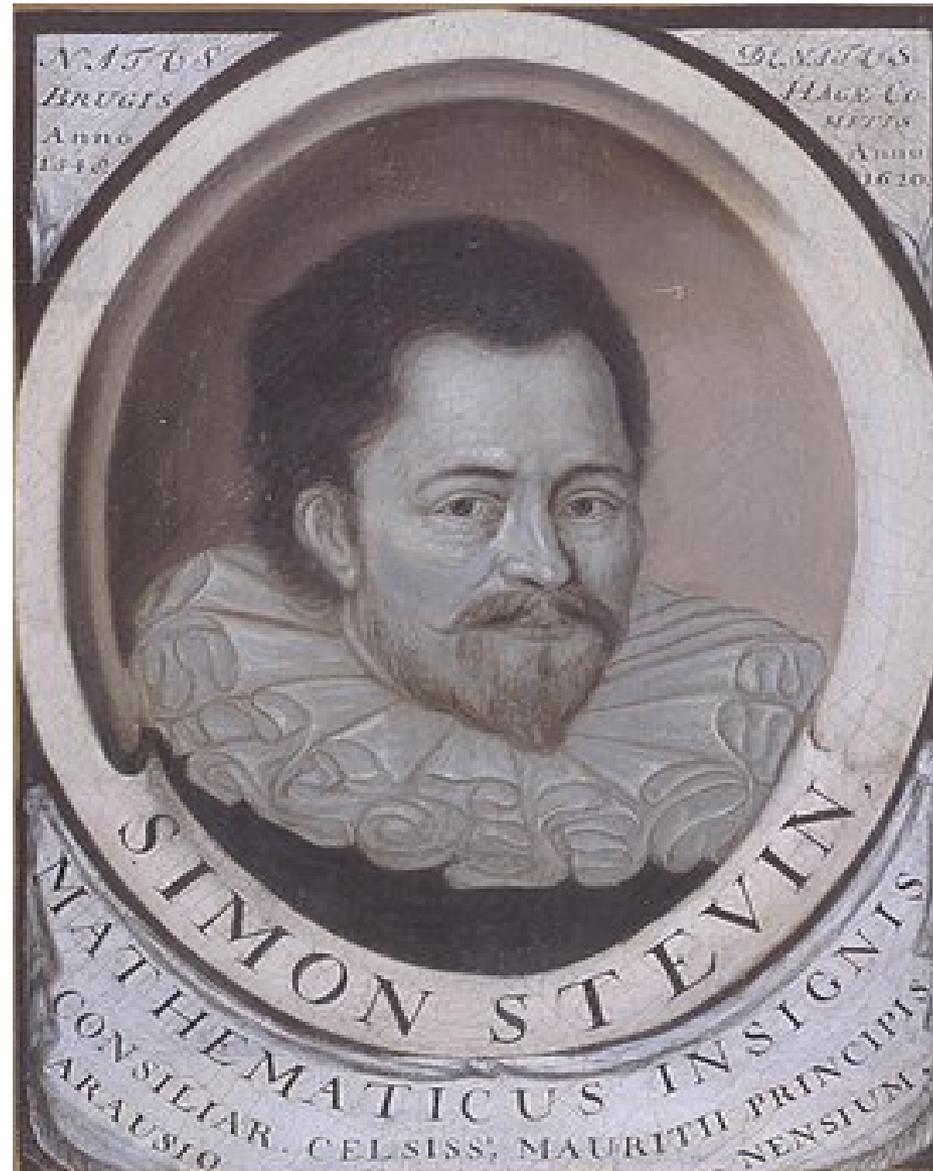


Бенедетти, Джамбатиста
14 августа 1530, Венеция — 20 января 1590, Турин

использует понятие о моменте сил



Симон Стевин (Simon Stevin) (1548-1620)



Голландское (1586) и латинское (1605) издания «Начал статики» Стевина

DE
BEGHINSELEN
DER WEEGHCONST
BESCHREVEN DVER
SIMON STEVIN
van Brugghe.



TOT LEYDEN,
Inde Druckerye van Christoffel Plantijn,
By Françoys van Raphelinghen,
c15. 15. LXXXVI.

T O M V S
Q V A R T V S
MATHEMATICORVM
HYPOMNEMATVM
DE
S T A T I C A .

Quo comprehenduntur ea in quibus sese exercuit

I L L V S T R I S S I M V S

Illustriſſimo & antiquiſſimo ſtemmate ortus Princeps ac
Dominus MAURITIUS Princeps Aſtracicus, Comes
Naſſovia, Camerlibocorum, Viand, Moenſii, &c. Marchio Veræ
& Viſſingæ, &c. Dominus Civitatis Gravæ & ditionis Cuyæ,
Civitatum Vyr, Daesburch, &c. Gubernator Geldriae,
Hollandiæ, Zelandiæ, Wtſtrifiæ, Zurlphaniæ,
Vitraceti, Tranſilaniæ, &c. Imperator exer-
citus Provinciarum foedere confociata-
rum Belgii, Archithalaffis
Generalis, &c.

Conſcriptus à SIMONE STEVINO Brugeni.



LUGODINI BATAVORVM,
Ex Officinâ Ioannis Patii, Academiz Typographi.
Anno c15 15 cv.

«Сухопутная яхта» Стевина



Проблема равновесия грузов на неравноплечных весах.

Критика Стевина кинематического подхода

Стевин: «Причина, по которой равные тяжести на равных плечах пребывают в равновесии, является следствием общепризнанного постулата. Причина же равновесия неравных тяжестей на неравных плечах, величины которых обратно пропорциональны весам, не столь очевидна.

Древние, исследовавшие этот вопрос, считали причиной равновесия окружности, описываемые концами плеч, как это видно из «Механических проблем» Аристотеля, а также работ его последователей.

- *Мы не считаем окружность причиной, исходя из следующего силлогизма: (E) То, что подвешено и находится в покое, не описывает окружности;*
- *(A) два груза, находящиеся в покое, неподвижны; значит,*
- *(E) два груза, находящиеся в покое, не описывают окружности.*

Таким образом (в положении равновесия) никакой окружности нет. Но там, где нет окружности, она (окружность) не может быть причиной наступающего явления. Таким образом, окружность не может быть причиной равновесия. Что касается малой посылки силлогизма (А), то движение по окружности может произойти только случайно, под влиянием ветра, толчка или каким-либо иным образом. ... Поэтому неудивительно, что те, кто принял это заблуждение за верное основание, вывели из него множество ложных положений». («Приложение к трактату об искусстве взвешивания»)

Симон Стевин (1548-1620)

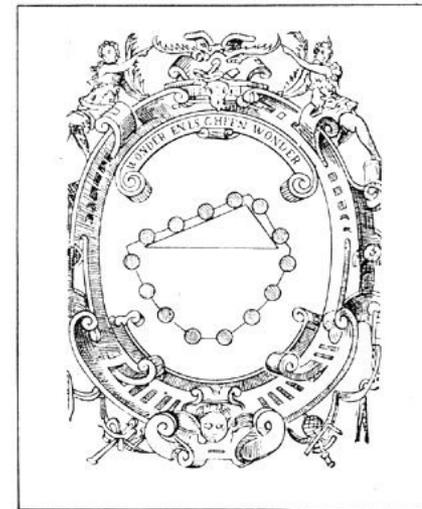
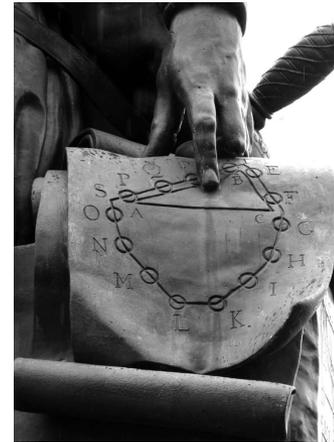
- Принимая за основу **законы гидростатики** Архимеда (его постулаты), Стевин формулирует в качестве основного постулата еще один:
- **«Давление на поверхность частичного объема жидкости не зависит от того, чем заполнен этот частичный объем, его можно мыслить твердым»** («поверхностный сосуд»).

- Стивин доказал теорему, согласно которой в случае равновесия центр тяжести однородного плавающего тела должен *находиться выше центра тяжести вытесненной жидкости.*

Симон Стевин (1548-1620)

- Из этих постулатов Стевин выводит ряд свойств уравновешенной жидкости и, в частности, **способ определения гидростатического давления на боковые стенки сосуда, важный для расчетов плотин.**

Симон Стевин (1548-1620)



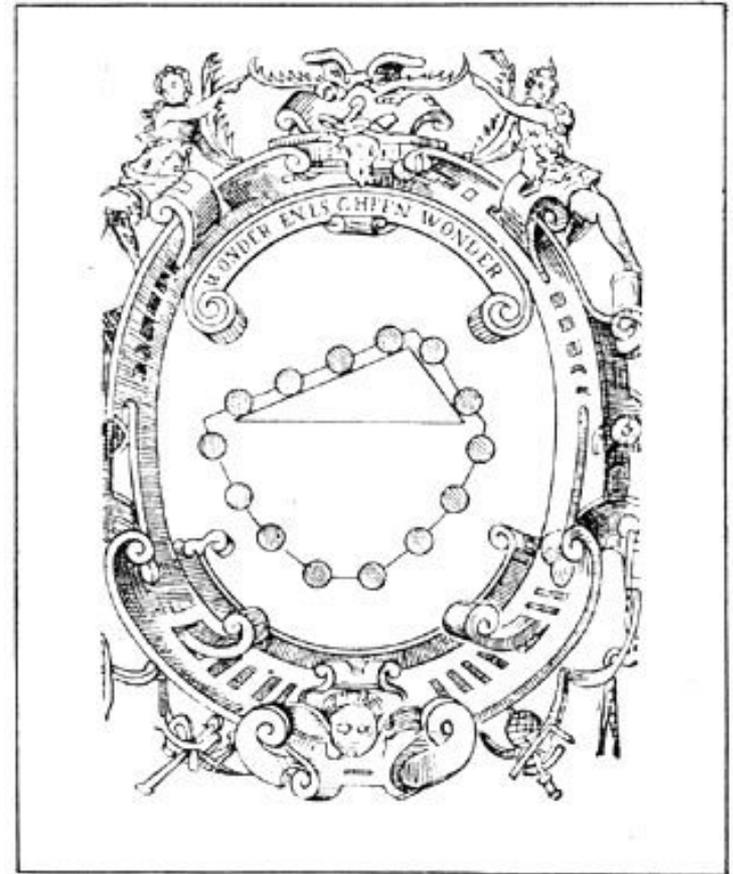
С. Стевин «**Начала статики**» (1586).

В основу исследования равновесия тел он полагал совокупность основных постулатов Архимеда

+ принцип невозможности вечного движения.

Симон Стевин (1548-1620)

- **Правило равновесия грузов на двух наклонных плоскостях.** («Чудо не есть чудо»)
- Изображен треугольник, расположенный в вертикальной плоскости: одна его сторона – горизонтальная, две другие наклонны и правая – вдвое меньше левой. Стевин мысленно располагает на этой трехгранной призме цепь из 14 равномерно нанизанных шаров так, что 4 шара – на более длинной стороне, а 2 – на более короткой, а остальные 8 свободно и симметрично свисают.



Симон Стевин (1548-1620)

(«Чудо не есть чудо»)

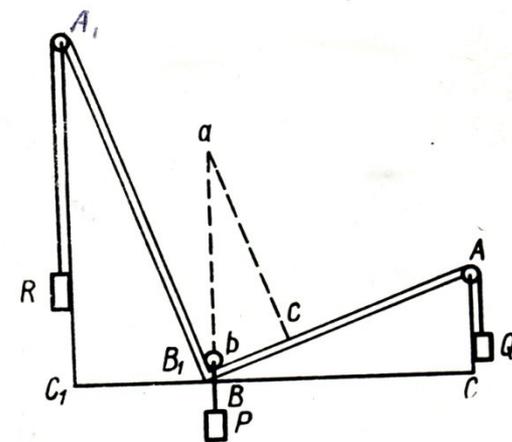
- Шары не могут не находиться в равновесии, т.к. вечного движения не существует. Когда, наконец, они уравновесятся, то нижняя часть цепи сама себя уравновесит (из-за симметрии), а шары на обеих плоскостях уравновесятся в **прямо пропорциональном отношении длинам наклонных плоскостей**.

Закон сложения и разложения сил у Стевина

Груз P , уравновешенный на двух нитях, составляющих между собой прямой угол. Каковы должны быть величины грузов на других концах нитей (R и Q)?

Вместо нити A, B , можно ввести наклонную плоскость AB (она действует эквивалентно нити, перпендикулярной AB). Вместо правой нити AB можно ввести другую наклонную плоскость A, B_1 . Рассмотрим груз P , уравновешенный противовесом Q на наклонной плоскости AB , запишем: $Q/P = AC/AB$. Аналогично для равновесия груза P : $R/P = A_1C_1/A_1B_1$.

Далее Стевин откладывает на нитях отрезки, по длине равные P и Q , и строит прямоугольник с диагональю ab , доказывая, что $ab = P$.

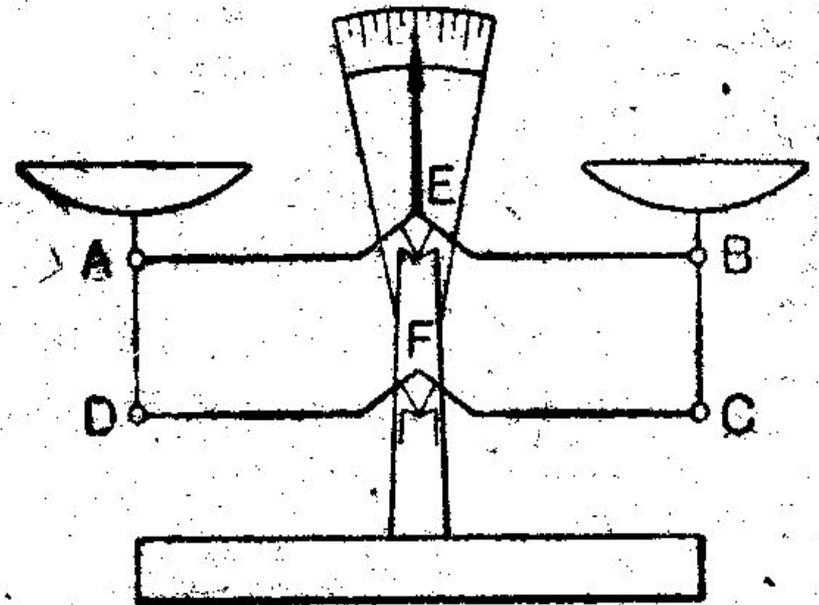
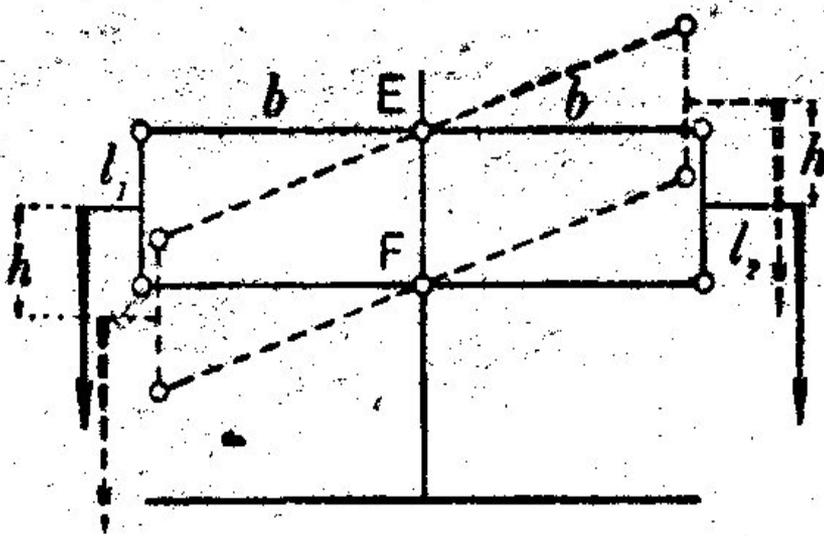


Запишем пропорциональность трех грузов, уравновешенных на нитях под прямым углом, получаем:

$$P : Q : R = ab : bc : ac$$

Ж.П.Роберваль (1602-1675)

Схема весов Роберваля



**Попытки синтеза
кинематического и
геометрического методов
статики**

Принцип Торричелли и задача о гидравлическом прессе Паскаля

Э. Торричелли 1608-1647

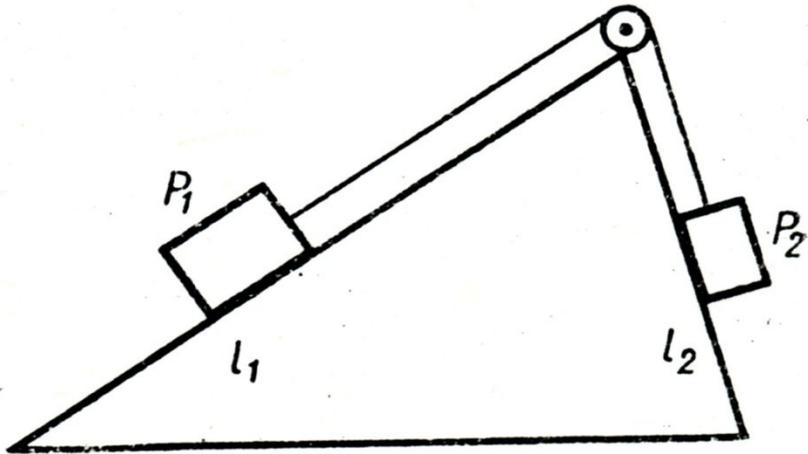


- В трудах Э.Торричелли (1608-1647) и Б.Паскаля (1623-1662) в середине XVIIв. наблюдаются первые попытки увязки методики перемещений с барицентрической теорией геометрической статики.

Э.Торричелли 1608-1647

- Тракта́т Торричелли **«О движении тяжелых тел, нисходящих естественным движением, и тел брошенных»** явился развитием идей Галилея; в частности, Торричелли переработал и дополнил таблицы стрельбы, составленные Галилеем.
- В этом же сочинении можно найти материал, относящийся к теории равновесия системы тяжелых тел, например, двух грузов, связанных нитью и помещенных на двух сомкнутых равновысоких наклонных плоскостях.
- *Основой этой теории служит следующее предложение*

Принцип Торричелли



«Когда тяжелое тело составлено так, что его центр тяжести не может никоим образом опускаться, то оно, заведомо, пребудет в покое в занимаемом им положении»

(«О движении тяжелых тел, нисходящих естественным движением, и тел брошенных»)

- Синтез методов кинематической статики и геометрического учения о равновесии наблюдается в XVIIв., позже это стало развиваться более эффективно.
- Уже в XVIIIв. стали трактовать принцип Торричелли - Паскаля, как требования минимальной высоты центра тяжести системы при равновесии, однако, математическая запись была более широкой.

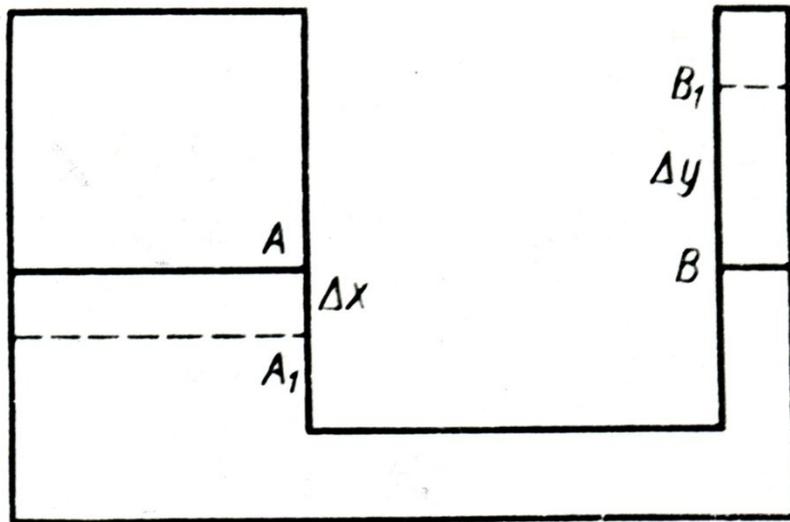
Блез Паскаль 1623-1662



Блез Паскаль 1623-1662

- Б.Паскаль использует принцип возможных перемещений и барицентрический критерий равновесия для получения важных результатов гидростатики.
- Приведем пример его рассуждений о действии гидравлического пресса, где рассматриваются мысленные перемещения поршней для выявления поведения центра тяжести системы поршней.

Задача о гидравлическом прессе Паскаля



- Представим себе сообщающийся сосуд с широкой и узкой трубками, закрытыми поршнями А и В соответственно. Каково соотношение весов поршней при равновесии несжимаемой жидкости в сосуде?

Для ответа на поставленный вопрос Паскаль придает мысленное перемещение Δx левому поршню А, отчего правый поршень В переместился бы на высоту Δy .

Б.Паскаль «О равновесии жидкостей и о тяжести массы воздуха» 1663г.

- Из условия несжимаемости жидкости

$$S_A \cdot x = S_B \cdot y$$

$P_A \cdot x - P_B \cdot y = (P_A - P_B) \cdot \text{ц.т.} = 0$ – принцип возможных перемещений;

ц.т. – центр тяжести обоих грузов (тяжелых поршней) не перемещается: это служит условием сохранения равновесия жидкости

Следовательно, $P_A \cdot x = P_B \cdot y$ и

$$y/x = S_A / S_B = P_A / P_B ,$$

т.е. силы тяжести поршней пропорциональны их площадям

- Так теоретически обоснован принцип действия гидравлического пресса, когда весьма малой силой P_B можно поднимать весьма тяжелый груз P_A .

Задача о гидравлическом прессе Паскаля

- Паскаль сформулировал для всей статики следующий принцип:
«Я принимаю за принцип, что никогда тело не движется под действием своего веса без того, чтобы центр тяжести его не понижался»,
т.е. необходимым условием равновесия системы тяжелых тел является **минимальность высоты ее центра тяжести.**

- **Это утверждение равносильно ранней формулировке принципа Торричелли, когда критерием истинного равновесия системы наблюдаемого в природе, признается такое состояние ее покоя, из которого любое ``пробное'' перемещение грузика или части системы приводит к элементарному повышению центра тяжести грузов либо к сохранению его высоты; если же на ``пробном'' перемещении какой-либо части центр тяжести системы стал понижаться, то система и далее будет продолжать движение (неинерционное, как сказали бы после XVIIIв.).**