

# **ИСТОРИЯ МЕХАНИКИ**

(5 курс - механики)

Лекторы:

к.ф-м.н., доц Чиненова Вера Николаевна

к.ф-м.н., ст.преп. Зайцев Евгений Алексеевич

- Лекции по истории механики завершают общую и специальную подготовку студентов отделения механики механико-математического факультета МГУ и должны дать представление о возникновении основных понятий, законов и методов этой науки.

Курс истории механики читался проф. **Н.Д. Моисеевым** студентам мехмата с 1945 по 1955 год.

## Курс истории механики на мехмате с 1944.г

Н.Д. Моисеев  
(1902-1955)



И.А. Тюлина  
(1922-2020)



И.А. ТЮЛИНА

# История и методология механики

## Ирина Александровна ТЮЛИНА

Механик, ведущий специалист в области истории механики. Кандидат физико-математических наук, заслуженный преподаватель Московского университета. В 1948 г. окончила механико-математический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, в 1951 г. — аспирантуру по специальности «история механики». Доцент кабинета истории и методологии математики и механики механико-математического факультета МГУ. С 1954 г. читает основной курс «История механики» для студентов 5 курса мехмата и различные спецкурсы по истории механики. И. А. Тюлина — автор более 160 научных работ, 3 учебных пособий и 7 монографий. Под ее руководством защищены 6 кандидатских диссертаций. Участница Великой Отечественной войны. Награждена двумя орденами Отечественной войны II степени, медалями «За боевые заслуги», «За оборону Москвы», «За отвагу», «За победу над Германией», а также медалью им. М. В. Келдыша и нагрудной медалью им. Л. Эйлера.



## Вера Николаевна ЧИНЕНОВА

Механик, специалист в области истории механики. Кандидат физико-математических наук (1995). В 1971 г. окончила механико-математический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова. Старший научный сотрудник кабинета истории и методологии математики и механики механико-математического факультета МГУ. Вместе с доцентом И. А. Тюлиной читает основной курс «История механики» для студентов 5 курса мехмата, а также спецкурсы «Становление классической механики» и «Дополнительные главы истории механики». Ученый секретарь секции механики Российского национального комитета по истории и философии науки и техники. Автор более 50 научных работ, одного учебного и нескольких методических пособий.



Наше издательство предлагает следующие книги:



8930 ID 112792



9 785337 023337

Отзывы о настоящих изданиях, а также обнаруженные опечатки присылайте по адресу URSS@URSS.ru. Ваши замечания и предложения будут учтены и отражены на веб-странице этой книги в нашем интернет-магазине <http://URSS.ru>

E-mail: URSS@URSS.ru  
Каталог изданий в Интернете: <http://URSS.ru>

**URSS НАШИ НОВЫЕ ТЕЛЕФОН / ФАКС**  
**КООРДИНАТЫ** (многоканальный) **+7(499)724-25-45**  
117335, Москва, Нахимовский пр-т, 56

И.А. Тюлина  
В.Н. Чиненова

ИСТОРИЯ МЕХАНИКИ  
СВЯЗЬ ПРИЗМУ РАЗВИТИЯ  
ИДЕЙ, ПРИНЦИПОВ И ГИПОТЕЗ



И.А. Тюлина  
В.Н. Чиненова

Классический учебник МГУ



# ИСТОРИЯ МЕХАНИКИ

## СВЯЗЬ ПРИЗМУ РАЗВИТИЯ ИДЕЙ, ПРИНЦИПОВ И ГИПОТЕЗ

- Предмет и задачи механики
- Возникновение учений о равновесии и движении физических тел и сред
- Создание фундамента классической механики
- Промышленный переворот и развитие механики в XVIII и в начале XIX века
- Основные черты развития механики в эпоху машинного производства

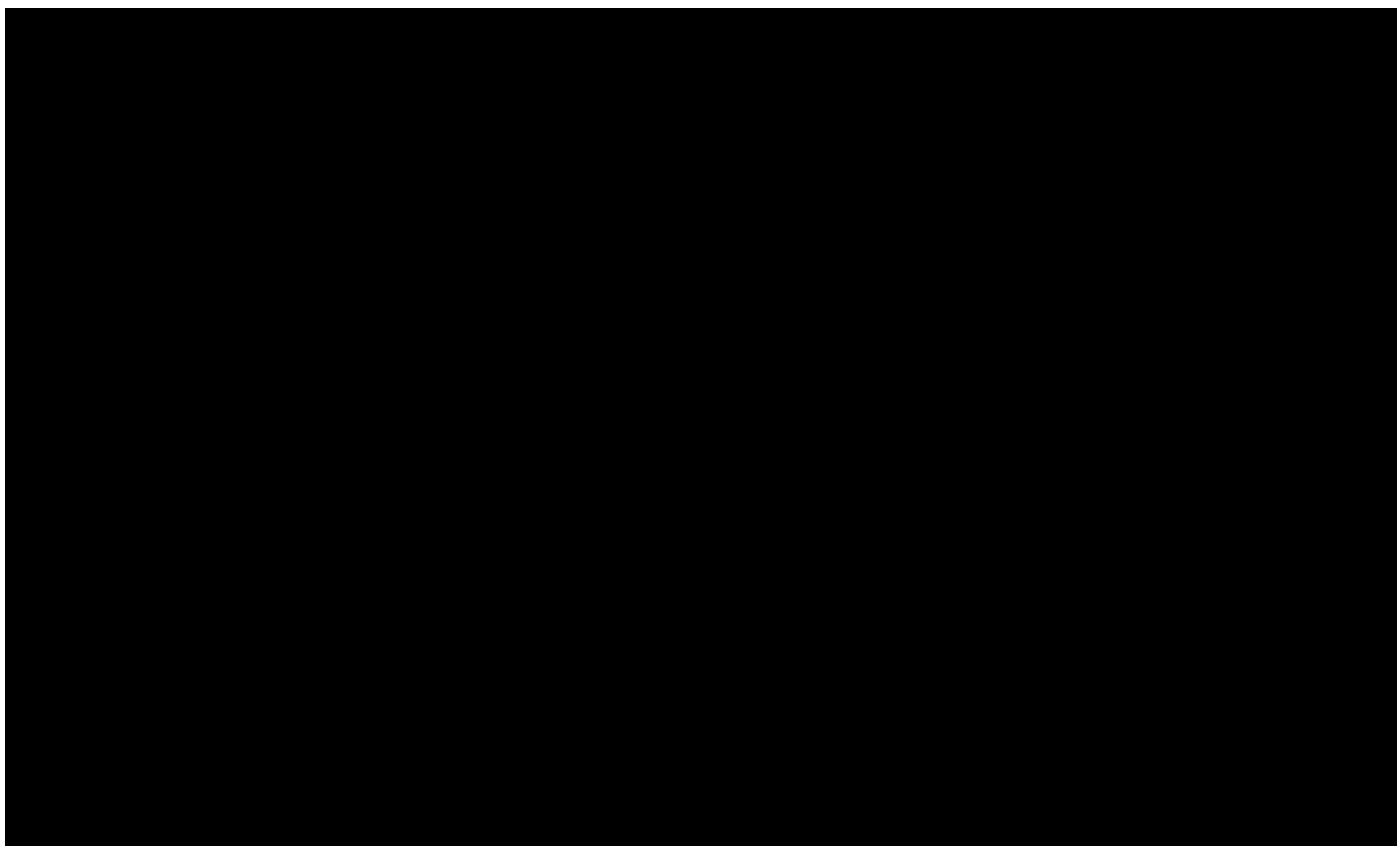


## Требования к сдаче зачета

- **Зачет (с оценкой)** проводится в конце курса, при этом учитывается работа студента в течение всего семестра (результаты контрольных, посещаемость, дополнительная работа по усвоению курса, **РЕФЕРАТ**).
- Положительно оцененный **реферат первоисточника**, оформленный в соответствии с требованиями, указанными на лекциях, **является допуском к зачету**.
- Реферат необходимо сдать (прислать) **до 14 апреля**.

# **Факторы, определяющие развитие механики:**

- - формирование теорий
- - запросы практики (техники)
- - развитие смежных дисциплин
- - периодизация развития механики





- В традициях школы Н.Д. Моисеева курс истории и методологии механики построен на следующей **периодизации**:
  - 1) учение о равновесии и его предпосылки и зарождение учения о движении (античность, средние века),
  - 2) научная революция XVI – XVII вв. и создание фундамента классической механики;
  - 3) промышленный переворот и развитие механики в XVIII – середине XIX вв.
  - 4) преимущественное развитие специальных механических дисциплин в эпоху развитого машинного производства (XIX и начало XX вв.).
- Основа такой периодизации сводится к попытке наметить важнейшие **поворотные** моменты развития механики, **качественные различия** более ранних и более поздних эпох истории познания законов простейших форм движения материи.

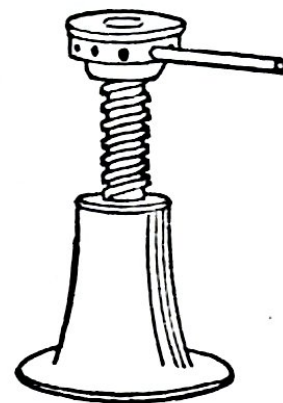
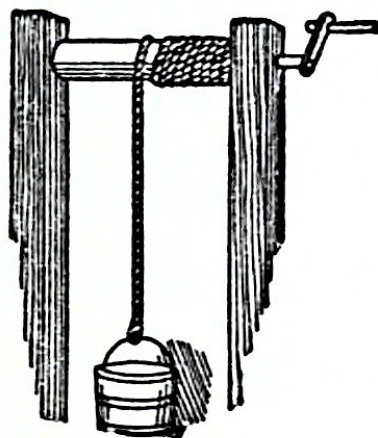
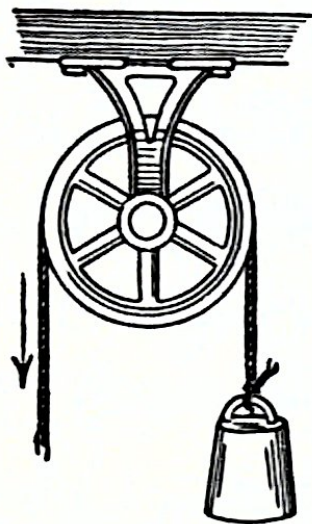
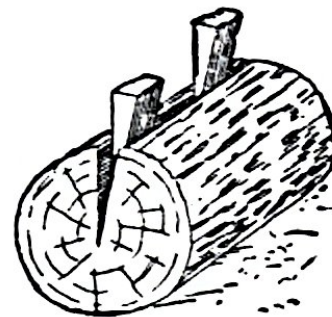
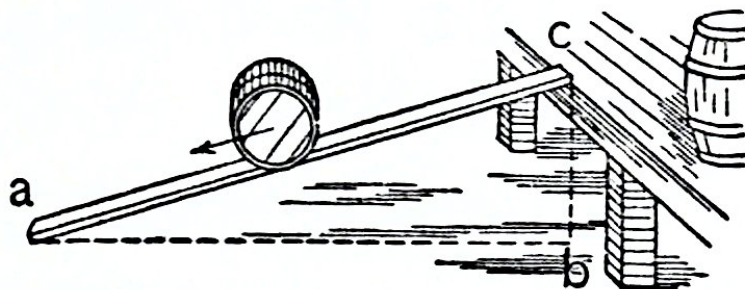
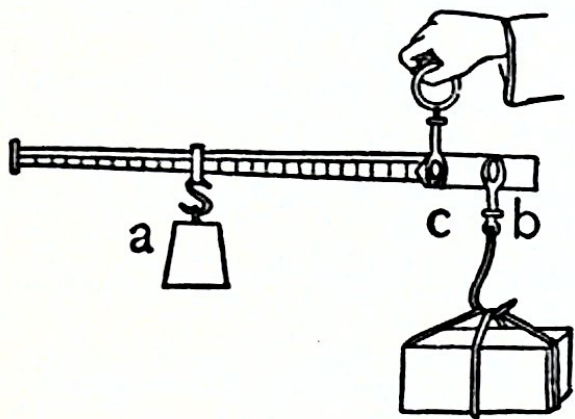


**Изучение равновесия  
системы  
методом рассмотрения  
перемещений**  
(кинематический вариант статики)

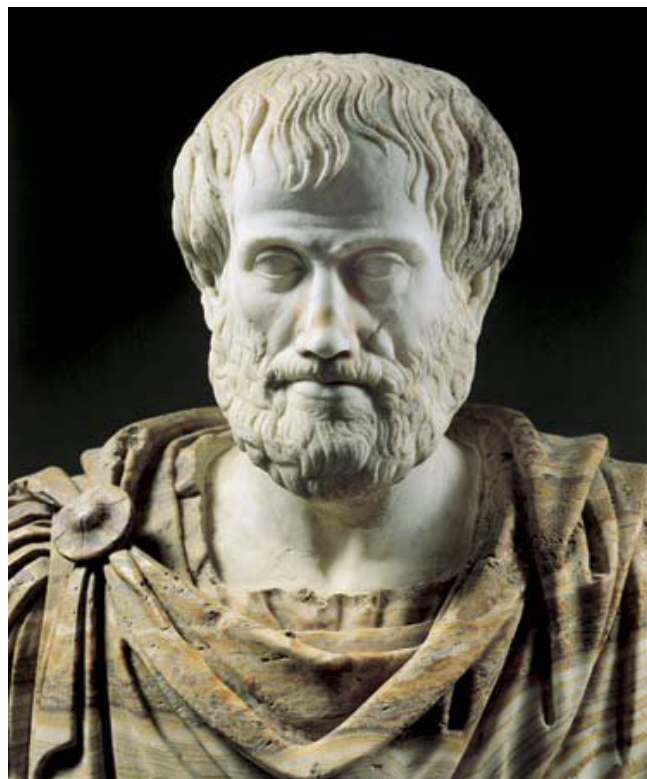
## Запросы техники «простых машин» в античности

### Простые машины

- рычаг
- наклонная плоскость
- клин
- ворот
- блок
- зубчатое колесо
- винт



## Аристотель 384-322 до н.э.



## Ранние сочинения о проблемах механики

- Одно из первых сочинений, объясняющих действие простых машин, по-видимому, принадлежало **Архиту Тарентскому (IV в. до н. э.)**.
- Первый дошедший до нашего времени трактат по механике **«Механические проблемы»** (384-322 до н.э.) был создан в школе **Аристотеля**.
- В 36 главах этого сочинения содержится описание и объяснение действия многих приспособлений. Важнейшей машиной считается **рычаг** или **весы**, свойство которых используется и во многих из перечисленных машин.
- В сочинении говорится, что для перемещения данного груза на конце более длинного плеча требуется меньшая затрата силы, чем на коротком.

## «Механические проблемы» (384-322 до н.э.)

- Замечено также и то, что для перемещения груза на конце более длинного плеча требуется меньшая затрата силы, чем на конце короткого плеча. Это эмпирическое наблюдение сформулировано в четкой количественной форме:
- «Движимый груз имеет к движущему грузу отношение, обратное отношению длин плеч, ибо всегда, чем нечто отстоит от точки опоры (рычага), тем легче оно двигает».

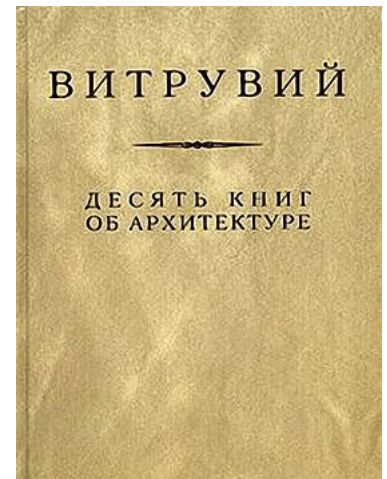
## **ВОЗНИКНОВЕНИЕ УЧЕНИЙ О РАВНОВЕСИИ И ДВИЖЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ ТЕЛ И СРЕД**

- **Марк Витрувий (I в. до н.э.) «Десять книг по архитектуре»**
- **Герон Александрийский (I~ в. н.э.),  
Александр Афродизский (II~ в. н.э.)**



## Запросы техники «простых машин» в античности

- Знаменитый архитектор Рима **Марк Витрувий** в **конце I в. до н. э.** написал трактат «**Десять книг по архитектуре**», где дает определение машины, классификацию известных машин, совокупность правил строительного искусства и правил расчета машин.
- **Марк Витрувий:** *машина* - это «сочетание соединенных вместе деревянных частей, обладающих огромной силой для передвижения тяжестей»



## Задача о равновесии и движении грузов по наклонной плоскости (Герон Александрийский)

- Ученые Александрийской школы и через два-три столетия со времени Аристотеля изучали и комментировали «Механические проблемы».
- Трактат «**Механика**» - главный источник по практической механике античности. Сохранился в арабском переводе 9 в. н.э. (Трактат «Механика» не был известен до 16-17 вв.)
- Основной тезис Герона: **действие всех простых машин можно объяснить через действие рычага.**
- Тезис Герона является, скорее, декларацией о намерениях, нежели реализованной программой.

## Ранние сочинения о проблемах механики

### *Герон Александрийский «МЕХАНИКА»:*

- «В этой машине и в аналогичных ей приспособлениях, дающих большой выигрыш в силе, имеет место, однако, замедление, ибо мы употребляем при пользовании ею тем больше времени, чем меньше движущая сила в отношении к поднимаемому грузу, так что сила к силе и время ко времени находятся в том же обратном отношении»

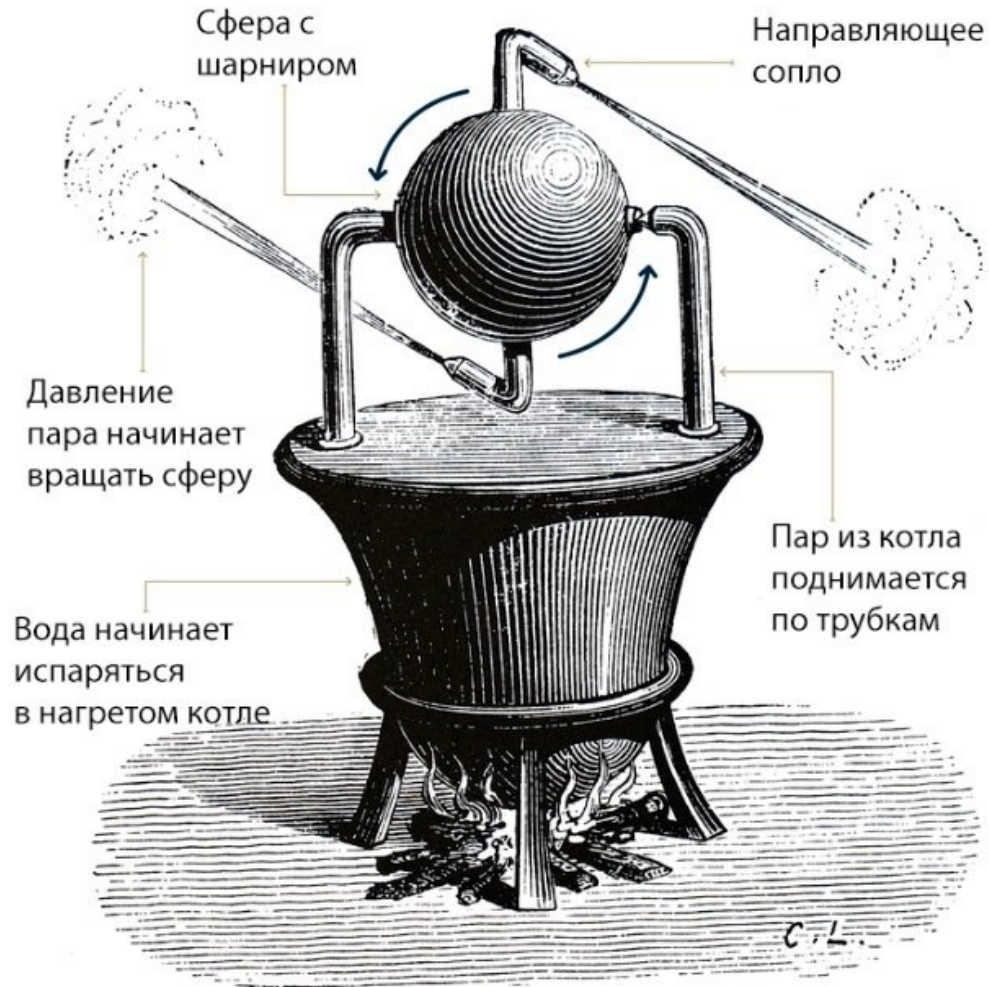
## Герон Александрийский (I в. н.э.)

- Формулировка Герона отличается большей общностью, так как нет указаний на конкретное устройство машины (рычаг или нечто другое), кроме того в новой формулировке затронут вопрос о проигрыше в скорости при одновременном выигрыше в силе.
- Можно утверждать, что в формулировке Герона содержится элементарная форма **принципа возможных перемещений** (так называемое «**золотое правило механики**»), так как возможные перемещения и виртуальные (термин XVIII в.) скорости отличаются лишь множителем, равным элементу времени.

## Герон Александрийский (I в. н.э.)

- Ученик Ктесибия **Герон Александрийский** был более изобретателем, чем теоретиком, хотя разделения механики (и других наук) на теоретические и прикладные еще не произошло. Подъемник тяжести Герона (**домкрат**), представлял собой сочетание **зубчатых колес и червячной передачи (винта)**. Известные автоматы Герона были замысловатыми и сравнимыми с механическими автоматами XIX в.
- В сочинении «*Пневматика*» Герона описаны различные автоматы, например устройство для раздачи «святой воды».
- Широко известен **эолипил** Герона, прототип будущей реактивной турбины, точнее ее первого образца — сегнерова колеса.

# Эолипил Герона



## Задача о равновесии и движении грузов по наклонной плоскости (Папп Александрийский)

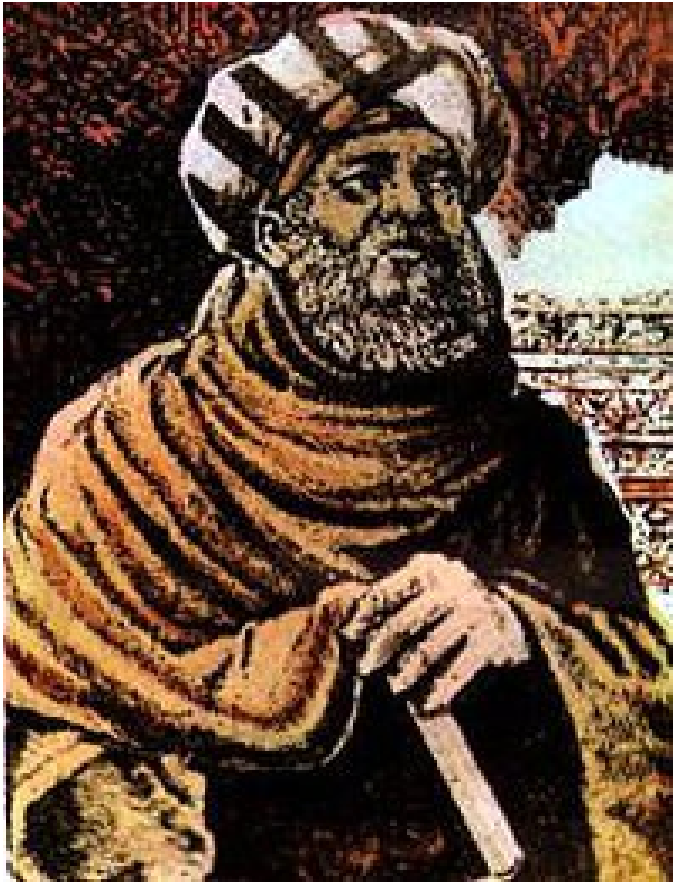
- **Папп Александрийский ( 4 в. н.э.)**
- Тракта́т «**Математическое собрание**» (в 8 книгах)
- Кн. 8 посвящена, в основном, **механике**. Папп излагает ее, основываясь на трактате Герона.
- Тракта́т Паппа был в конце 16 в. (1588) переведен на латинский язык и прокомментирован (Ф. Коммандино).



С VIII в. начинается расцвет культуры арабских государств на Ближнем Востоке и в Испании.

Арабы восприняли и творчески перерабатывали часть научного наследия Александрийской школы. Арабоязычные ученые переводили и комментировали сочинения Аристотеля, Архимеда, Евклида, Герона и других античных механиков и математиков. В этих компилятивных сочинениях можно было встретить и оригинальные идеи, обеспечивающие развитие механики.

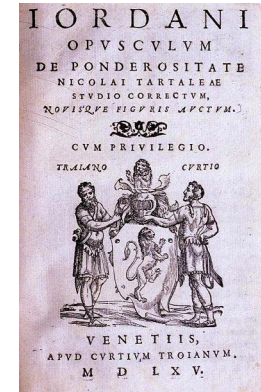
## Сабит ибн Корра (830-901 гг. ) «Книга о карастуне»



Один и тот же груз неодинаково эффективен на различных расстояниях от точки опоры рычага: он эффективнее во столько раз, во сколько раз больше расстояние от точки опоры по сравнению с первоначальным.

**Средневековое понятие  
«тяжесть сообразно  
положению»**

## Иордан Неморарий XIII в.



В трудах ученых школы Иордана Неморария (Франция XIII—XIV вв.) было выработано своеобразное понятие **тяжести сообразно положению**. Один и тот же груз, рассуждали ученые этой школы, различно тяжел по положению в различных конфигурациях механизма (рычага, наклонной плоскости и др.). Так, например, груз на более длинном плече рычага более тяжел по положению, чем этот же груз на более коротком плече. **Один и тот же груз тяжелее на той наклонной плоскости, которая «более берет напрямик к центру мира», т. е. на более короткой наклонной плоскости при той же высоте.**

Теория равновесия простых машин в школе Иордана Неморария опиралась на принцип сравнения **относительной тяжести грузов** при виртуальных сдвигах машины (например, при повороте рычага).

## Леонардо да Винчи (1452-1519)

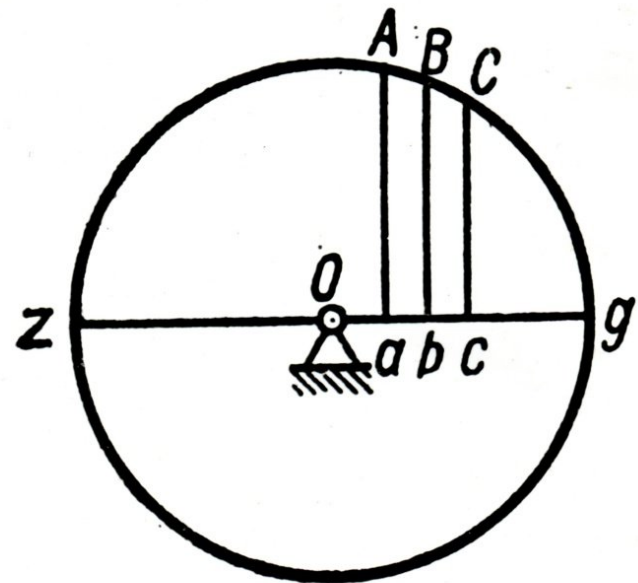


- **Леонардо да Винчи** больше принадлежал искусству, поэтому его очень ценные мысли по механике (он был также и инженером) несколько веков были неизвестны современникам.
- Как изобретатель и практик, связанный с архитектурой, Леонардо стремился найти короткие и прямые правила расчета равновесия простых машин. Следуя *кинематическому направлению* исследования равновесия, он вырабатывает свое понятие **«потенциального» плеча рычага**.
- Леонардо рассматривает круг, так как чаще всего грузы в простых машинах перемещаются по окружности.

## Леонардо да Винчи (1452-1519)

В круге, способном вращаться  
вокруг горизонтальной оси,  
проходящей через центр грузы в  
точках **A** и **a**, **B** и **b**, **C** и **c**  
**одинаково тяжелы по  
положению.**

Грузы **A** и **a** имеют одинаковое  
«**потенциальное**» плечо.



## Леонардо да Винчи (1452-1519)

Об этом же понятии («**потенциальное**» или «**духовное**» плечо) Леонардо говорит в других примерах: ломаный рычаг, рычаг с веревками, образующими разные углы с горизонтальным стержнем рычага.

**Тяжесть сообразно положению груза пропорциональна весу гири и «духовному» плечу**, т. е. длине перпендикуляра, опущенного из точки подвеса на направление нити.

- Количественная характеристика **относительной тяжести**, широко используемая в механике до XVII в., фактически **эквивалентна работе силы тяжести на конечном перемещении груза в простой машине**.



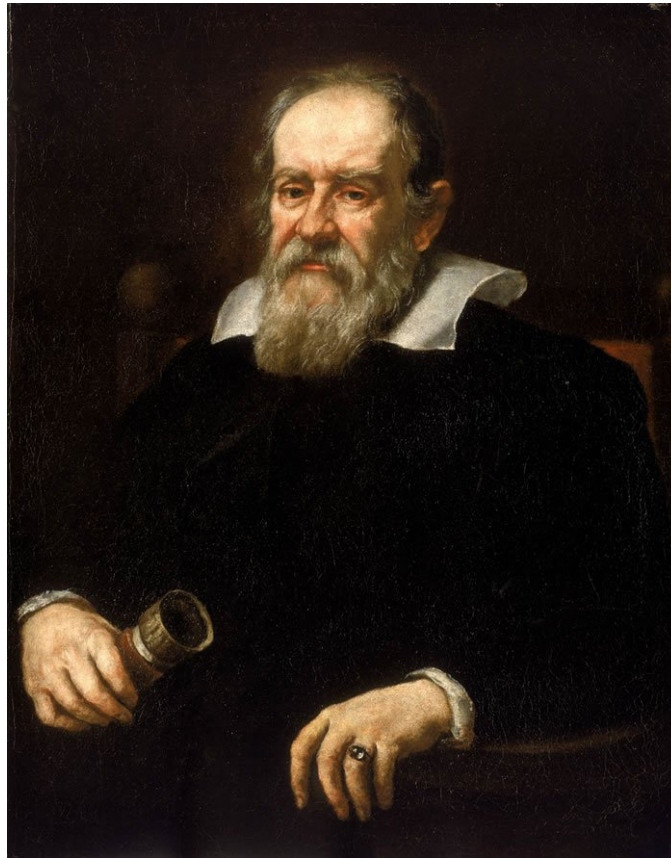
# **Элементарная трактовка принципа виртуальных скоростей в трудах Галилея и Декарта**

## **Золотое правило» статики «простых машин»:**

- **Изобретение всех машин основано на одном принципе: выигрыш в силе равен проигрышу в скорости (следовательно, в расстояниях, проходимых грузами).**

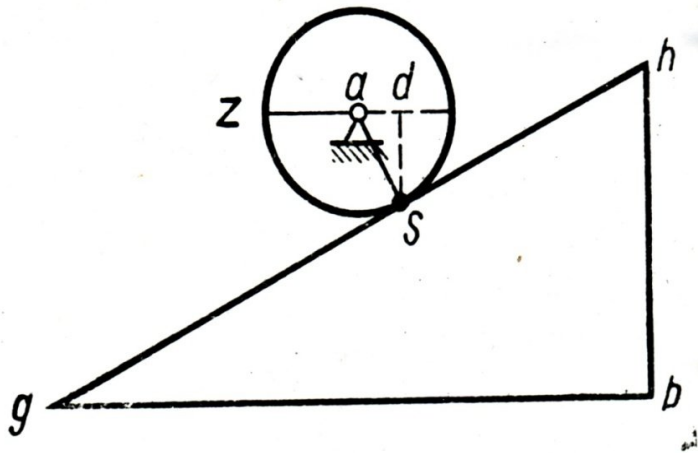
***Галилео Галилей 1564-1642***

«Механика» (фр. 1634); «О науке механике...»(ит. 1649)



## Галилео Галилей *Трактат «О движении»*.

### *Задача о наклонной плоскости.*



Зная количественную меру относительной тяжести груза на конце ломанного рычага, Галилей вычисляет относительную тяжесть груза ***S*** на наклонной плоскости.

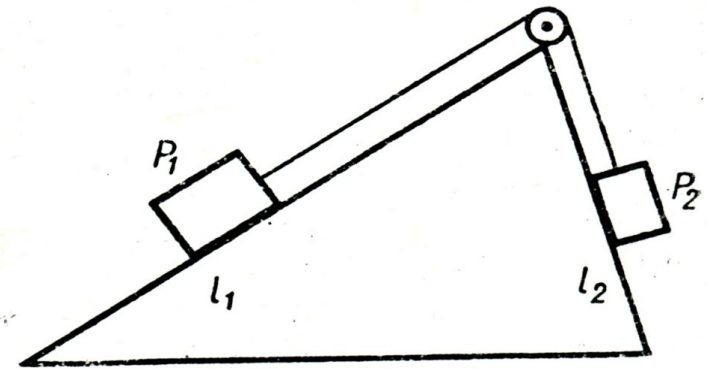
$$Ad = hb * aS / gh$$

При данных величинах радиуса круга (ломаного рычага) ***aS*** и высоты наклонной плоскости ***hb*** *относительная тяжесть груза S* оказывается *обратно пропорциональной* длине наклонной плоскости ***gh***.

Галилео Галилей *Трактат «О движении»*.  
*Задача о наклонной плоскости.*

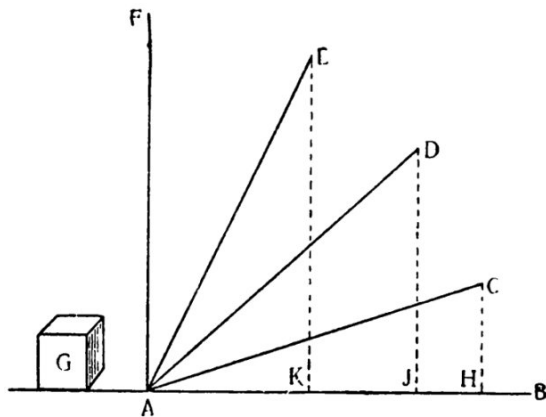
- Два груза на двух равновысоких плоскостях уравниваются, если величины их тяжести прямо пропорциональны длинам наклонных плоскостей.

$$P_1 : P_2 = l_1 : l_2$$



Задача о равновесии и движении грузов по наклонной плоскости.

Принцип возможных перемещений. Галилей «Механика» (ок. 1593)



- «Если перемещаемое тело установить на параллельной горизонту линии AB, оно будет находиться в безразличном состоянии относительно движения или покоя, и малейшая сила сможет сдвинуть его. Но если у нас будут восходящие плоскости AC, AD и AE, то тело по ним можно будет толкнуть только с применением усилия, которое для перемещения по линии AD окажется большим, чем по линии AC, а для перемещения по линии AE еще большим, чем по линии AD...»

Далее Галилей формулирует правило, согласно которому сила, которая необходима для подъема тела по наклонной плоскости относится к весу этого тела, как длина перпендикуляра, опущенного из вершины этой плоскости на горизонталь, относится к длине плоскости.

## Элементарная трактовка принципа виртуальных скоростей в трудах Галилея

- 1. Было выведено четкое количественное правило расчета равновесия двух грузов на двух равновысоких наклонных плоскостях
  - 2. Неявное использование элементарных перемещений груза (фактически точечного) в простой машине.
  - 3. Использование принципа эквивалентности связей.
- Молчаливое использование названного принципа (мысленной замены одной связи другой связью)



## Элементарная трактовка принципа виртуальных скоростей в трудах Галилея

«... неравные по абсолютной величине грузы могут взаимно уравниваться и приобретать равные моменты всякий раз, когда их вес будет обратно пропорционален скорости их движения, т.е. когда один груз будет во столько же раз легче другого, во сколько раз скорость его движения будет больше скорости другого», т.е. величины грузов обратно пропорциональны их скоростям.

## Р. Декарт (Descartes R.) 1596-1650



- Элементарная трактовка принципа виртуальных скоростей в трудах Декарта
- *Р. Декарт «Объяснение машин, при помощи которых можно малой силой поднимать весьма тяжелые грузы» (1637 г.)*

## «Золотое правило» статики по-ДЕКАРТУ

**«Изобретение всех простых машин основано на одном единственном принципе, который гласит: та же сила, которая способна поднять груз, скажем, в 100 фунтов на высоту 2 футов, способна также поднять 200 фунтов на высоту 1 фута, или 400 фунтов на высоту  $1/2$  фута и т.д., если она будет приложена к этому грузу».**

- Декарт считал, что этот принцип настолько ясен, что не нуждается в доказательстве. Термин *«сила»*, как видно из текста, означает способность поднять определенный груз на данную высоту, т. е. в нашей терминологии это *работа силы тяжести на определенном перемещении*.
- Среди современников Декарта нашелся ученый, который понял необходимость введения нового термина.
- В трактате Соломона де Ко *«Законы движущих сил и описание различных машин, столь же полезных, сколь и занимательных»* (1615) введен термин **«работа силы»** для **произведения силы тяжести на естественное (отвесное) перемещение точки ее приложения**. Этот термин, однако, не привился и был введен заново в XIX в.

- Терминология изменялась на протяжении веков и термины «**сила**», «**момент**» и другие имели не всегда однозначное употребление.
- В отличие от формулировки «**золотого правила**» статики Галилея, в которой фигурировали *скорости*, в формулировке Декарта *фигурируют перемещения*. Там, где траектория груза *прямолинейна*, эти перемещения конечные (например, 2 фута).

- Декарт наиболее четко высказывается о необходимости *рассматривать перемещения грузов фактически как исчезающе малые*.
- В одном из писем к М. Мерсенну он пишет: **«Относительна тяжесть каждого тела должна измеряться по началу у того движения, которое должна совершать поддерживающая его сила, как для того, чтобы его поднимать, так и для того, чтобы следовать за ним, если оно спускается»**.
- Декарту принадлежит замечание: *«Заметьте, что говорю— начинать опускаться, а не просто опускаться по причине того, что именно лишь начало спуска должно быть принимаемо во внимание»*.
- Письма Декарта по этому поводу через Мерсена были известны современникам Декарта.

- Так, еще в IV в. до н. э. существовало два подхода к исследованию проблем равновесия: метод рассмотрения перемещений грузов в простой машине и чисто геометрический метод, изучавший как бы застывшее состояние равновесия (покой).
- Первый подход для краткости мы будем называть **кинематическим** (хотя термин «кинематика» вошел в обиход лишь в XIX в.), а второй подход — **геометрическим**.
- Эти два самостоятельных направления развития статики почти не взаимодействовали до XVII в.

Доцент кабинета истории математики и механики

**Чиненова Вера Николаевна**

канд. физико-математических наук

**Спецкурс:**

**Развитие механики в России**

**в XVIII – начале XX века**

**Часть 3**

[v.chinenova@yandex.ru](mailto:v.chinenova@yandex.ru)