

# Лекция 3

Чиненова Вера Николаевна

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

**Попытки синтеза  
кинематического и  
геометрического методов  
статики**

# **Принцип Торричелли и задача о гидравлическом прессе Паскаля**

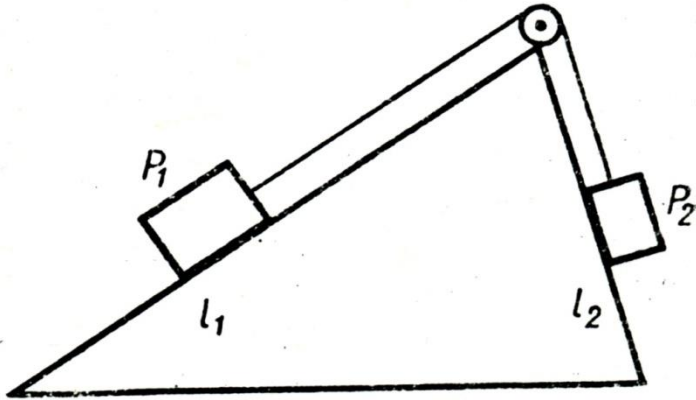
- В трудах Э.Торричелли (1608-1647) и Б.Паскаля (1623-1662) в середине XVIIв. наблюдаются первые попытки увязки методики перемещений с барицентрической теорией геометрической статики.

## Э.Торричелли 1608-1647



- Тракта**т** *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»

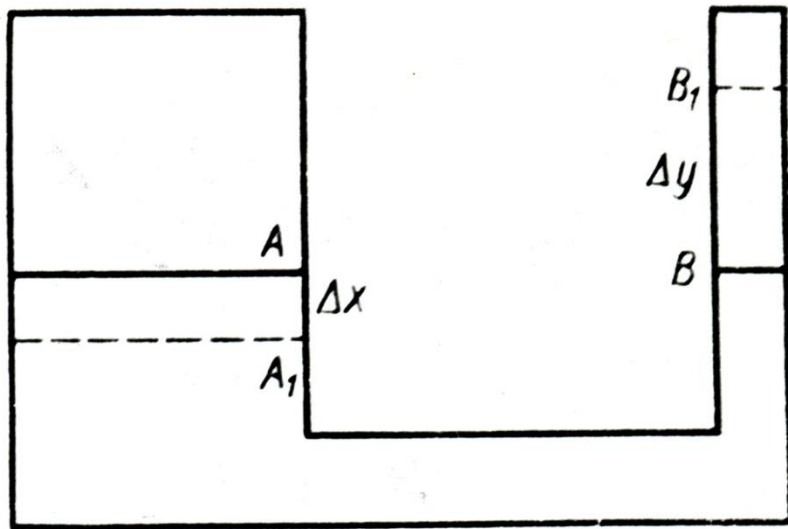
«**Тело, свободно подвешенное за какую-нибудь из своих точек не может пребывать в покое, если его центр тяжести не находится в самой низкой точке сферы, по которой этот центр тяжести движется**».

## Блез Паскаль 1623-1662



- Б.Паскаль использует *принцип возможных перемещений и барицентрический критерий равновесия* для получения важных результатов гидростатики.
- «О равновесии жидкостей и о тяжести массы воздуха» (1663)
- 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  $\Delta x$  левому поршню А, отчего правый поршень В переместился бы на высоту  $\Delta y$ .

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

- Из условия несжимаемости об'емы перемещенной справа и слева жидкости равны

$$S_A \Delta x = S_B \Delta y$$

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

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

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

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

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 цент тяжести системы стал понижаться, то система и далее будет продолжать движение (неинерционное, как сказали бы после XVIII в.).**

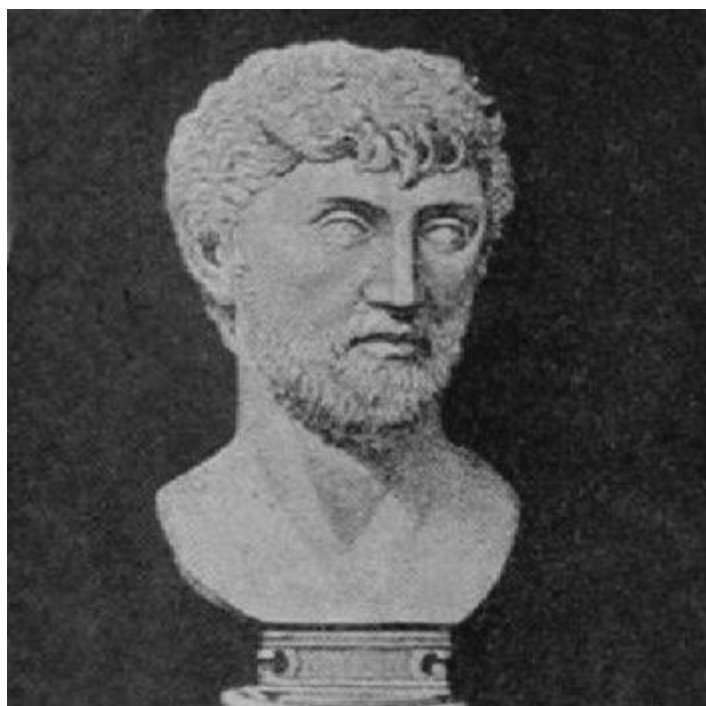
- Синтез методов кинематической статики и геометрического учения о равновесии наблюдается в XVIIв., позже это стало развиваться более эффективно.
- Уже в XVIIIв. стали трактовать принцип Торричелли - Паскаля, как требования **минимальной высоты центра тяжести системы при равновесии**, однако, математическая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

# **Возникновение учения о движении тел**

## ***Представление о движении земных и небесных тел в античности***

- **Эмпедокл, Демокрит (V в. до н.э.),**
- **Эпикур (IV в. до н.э.)**
- **Лукреций Кар (I в. до н.э.)**

# Представление о движении земных и небесных тел в античности



## T. LVCRETII CARI DE RERV NATVRA LI- BRI SEX,

Mendis innumerabilibus liberati; & in pristi-  
num panè veterum potissimè librorum  
ope ac fide, Ab O B E R T O G I F A N I O B V  
R A N O Iuris studiofo, restituti.

*Qua prater ea ab eodem in hoc opere sint praestita,  
inversa pagina indicabit.*



ANTVERPIÆ,  
Ex officina Christophori Plantini.

clō. Id. LXVI.

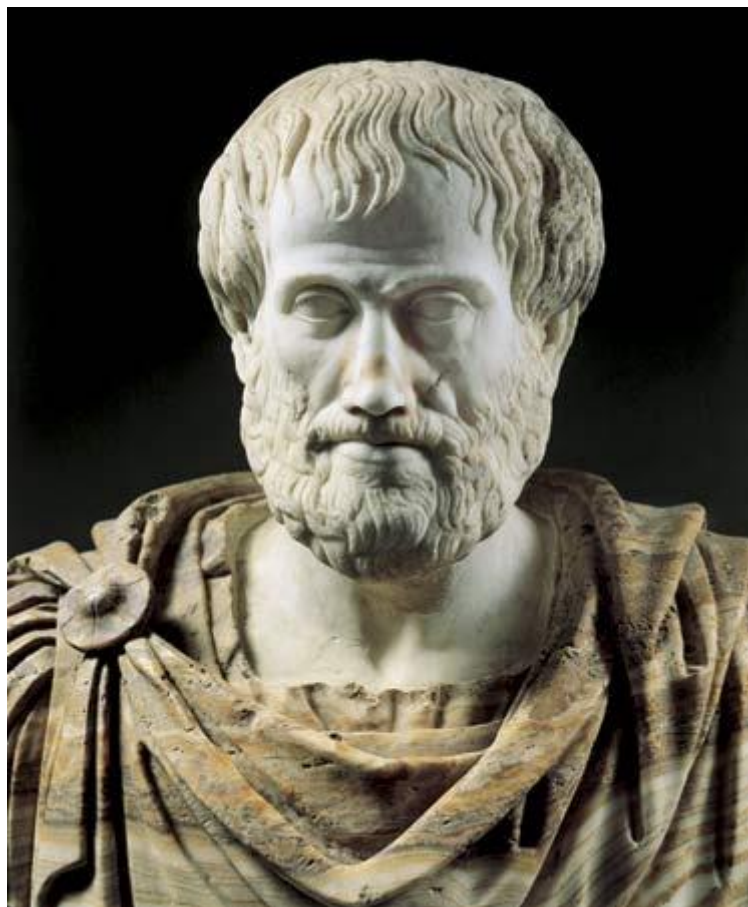
PRIVILEGIO.

**Лукреций Кар (I в. до н.э.)**  
**«О природе вещей»**

- **«...остается признать неизбежно,  
что во вселенной еще и другие  
имеются земли,  
да и людей племена; и также  
различные звери...»**



Аристотель 384-322 до н.э.



## Аристотель «Физика»

- **1. Движение в отношении сущности - возникновение и уничтожение.**
- **2. Движение в отношении количества - рост и убывание.**
- **3. Движение в отношении качества - изменение качественных характеристик.**
- **4. Движение в отношении места - перемещение в пространстве или механическое движение.**

## **Аристотель «О небе»**

**Центральное место Вселенной - земной шар, далее - слой воды, слой воздуха, слой огня.**

**Наружная сферическая граница естественного места огня представляет собой небо. Оно ограничивает всю Вселенную.**

**Далее идет уже не материальный, а божественный «первый двигатель»**

# Аристотель

- **Закон насильственных движений**
- **Аристотель формулирует количественно:  
произведение величины  
«двигателя» на время движения  
равно произведению величины  
«движимого» на путь,  
пройденный им.**

*Движение брошенного под углом к горизонту тела по - Аристотелю*

**Антиперистазис или возвратное давление** состоит, в том, что за летящим брошенным камнем создается пустота, которую стремительно заполняет воздух, толкая при этом камень (насильственное движение).

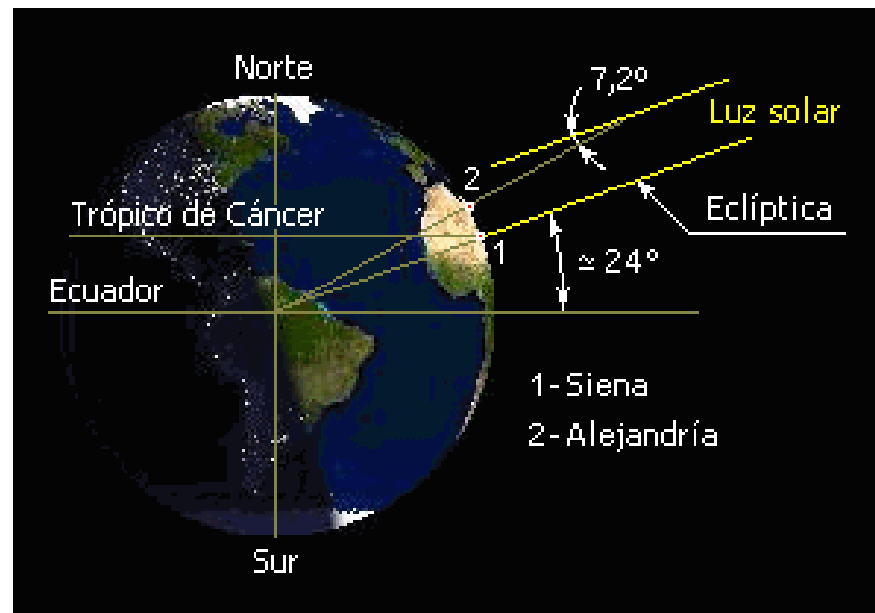
# Небесная механика Аристотеля

**Кругообразное движение светил  
не выводит их из естественного  
места *огня*.**

# Стратон III в.до н.э.- признает существование ПУСТОТЫ



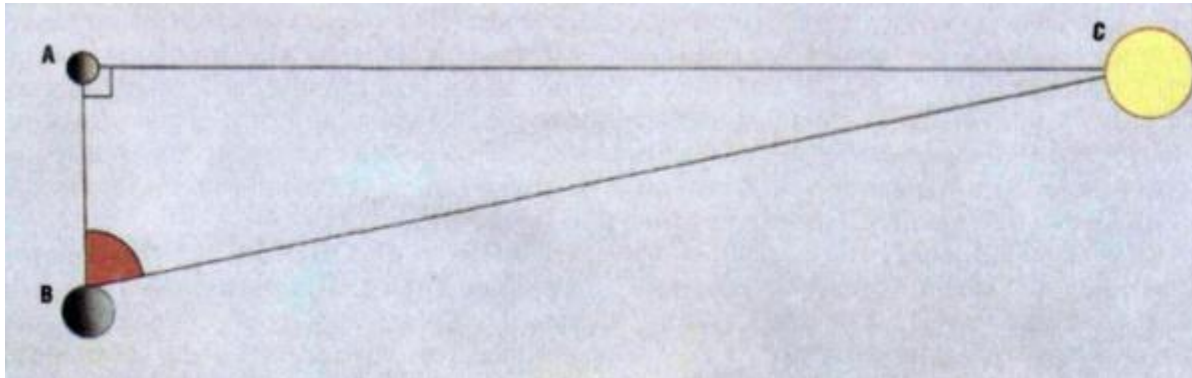
# Эратосфέν ΚιρένσκιЙ'Ερατοσθένης ὁ Κιρηναῖος (III в. до н.э.)



## **Аристарх Самосский (320-250 гг. до н.э.)**

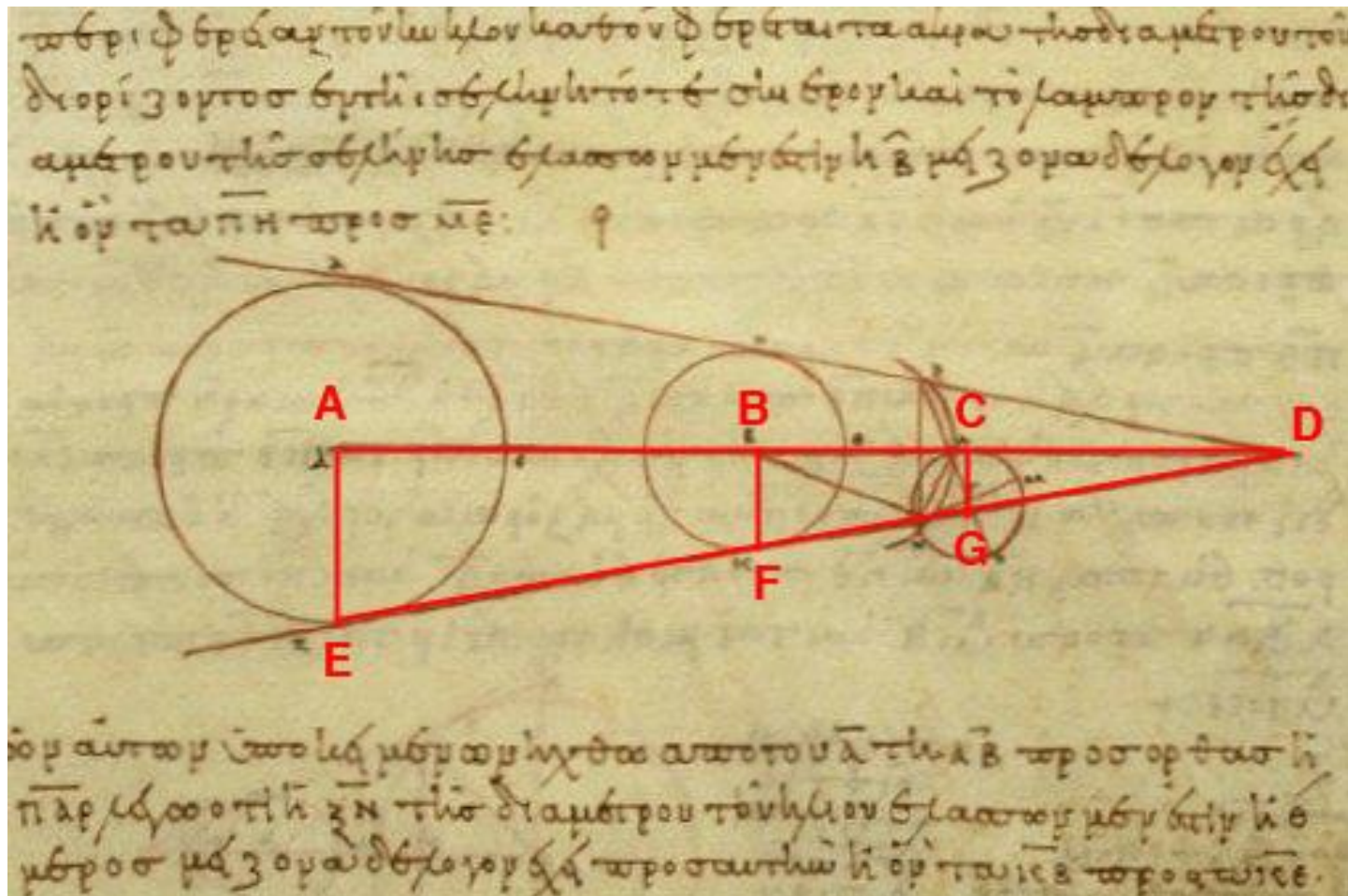


# Аристарх (320-250 г. до н.э.) расстояние от Земли до Луны и до Солнца



Схема, поясняющая определение радиуса Луны по методу Гипарха (II в. до н.э.).

Византийская копия X века.



# Клавдий Птолемей (середина II в. н.э.) «Альмагест»





PLANISPHARIUM

Sive  
ORBIVM MVNDI  
PTOLEMA  
NO II

PTOLEMAICVM

Machina  
EX HYPOTHESI  
ICA INFLA  
TPOITTA

PLANETARVM

SEPTEM

ORBES

ORBITA  
IOVIS

CIRCVLVS

CIRCVLVS  
MARTIS

CIRCVLVS

VENERIS

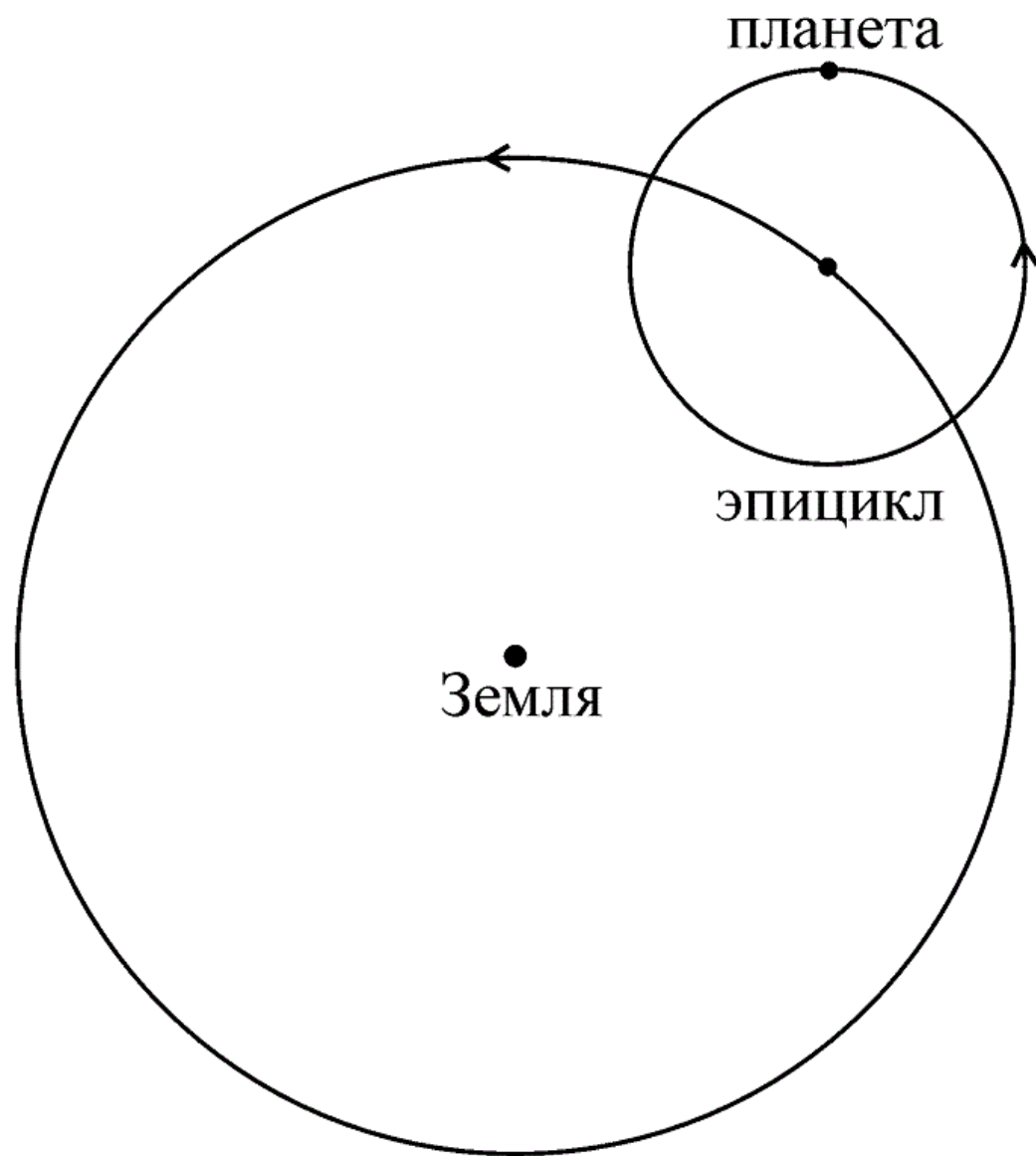
TERRE

MER

ORBITA  
LUNARVM

SATVRNI

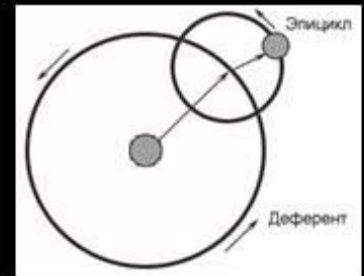
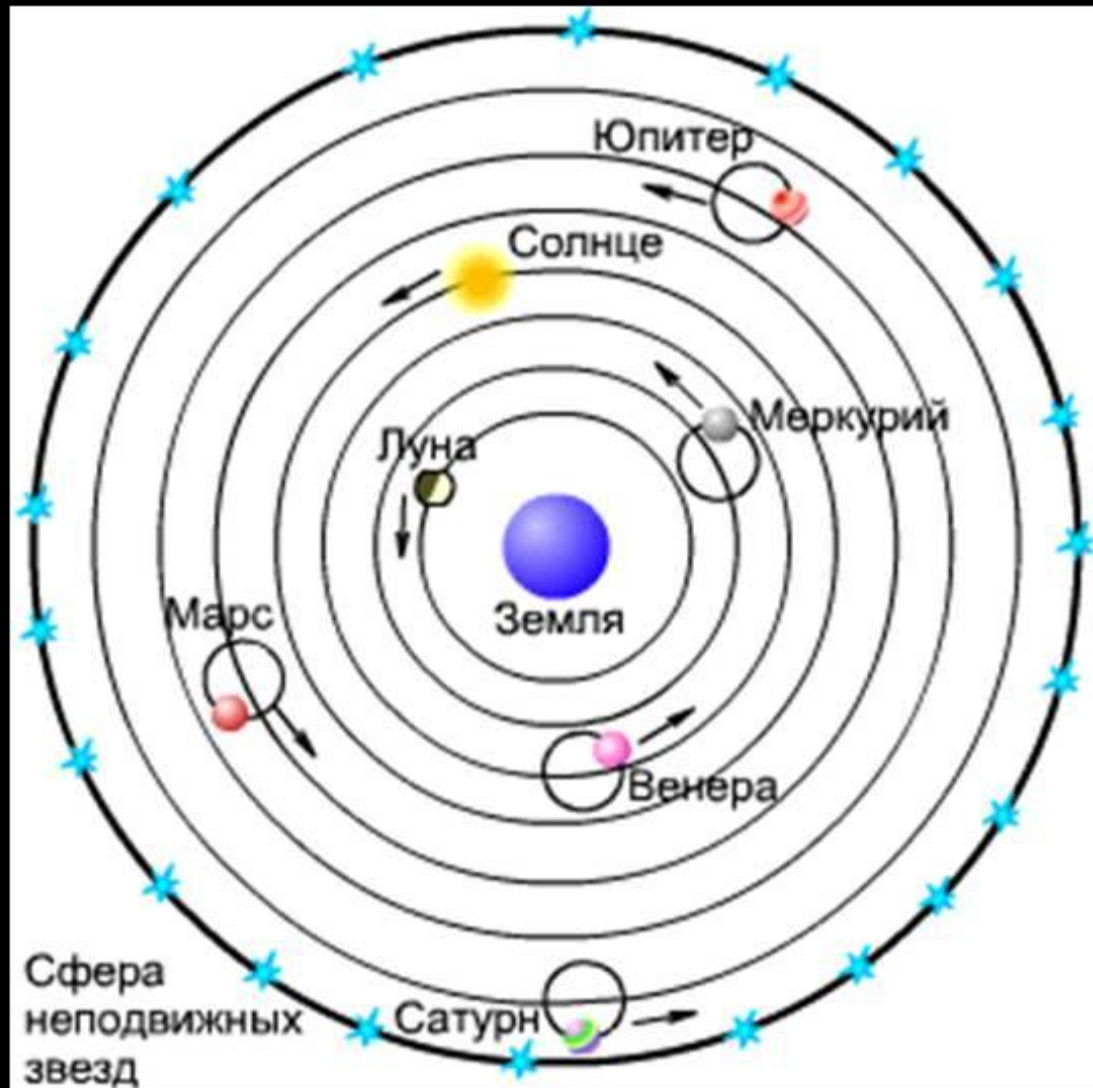




## Геоцентрическая система Птолемея.

Планеты обращаются вокруг неподвижной Земли.

Их неравномерное видимое перемещение относительно звезд объясняется при помощи дополнительных круговых движений по **эпициклам**.





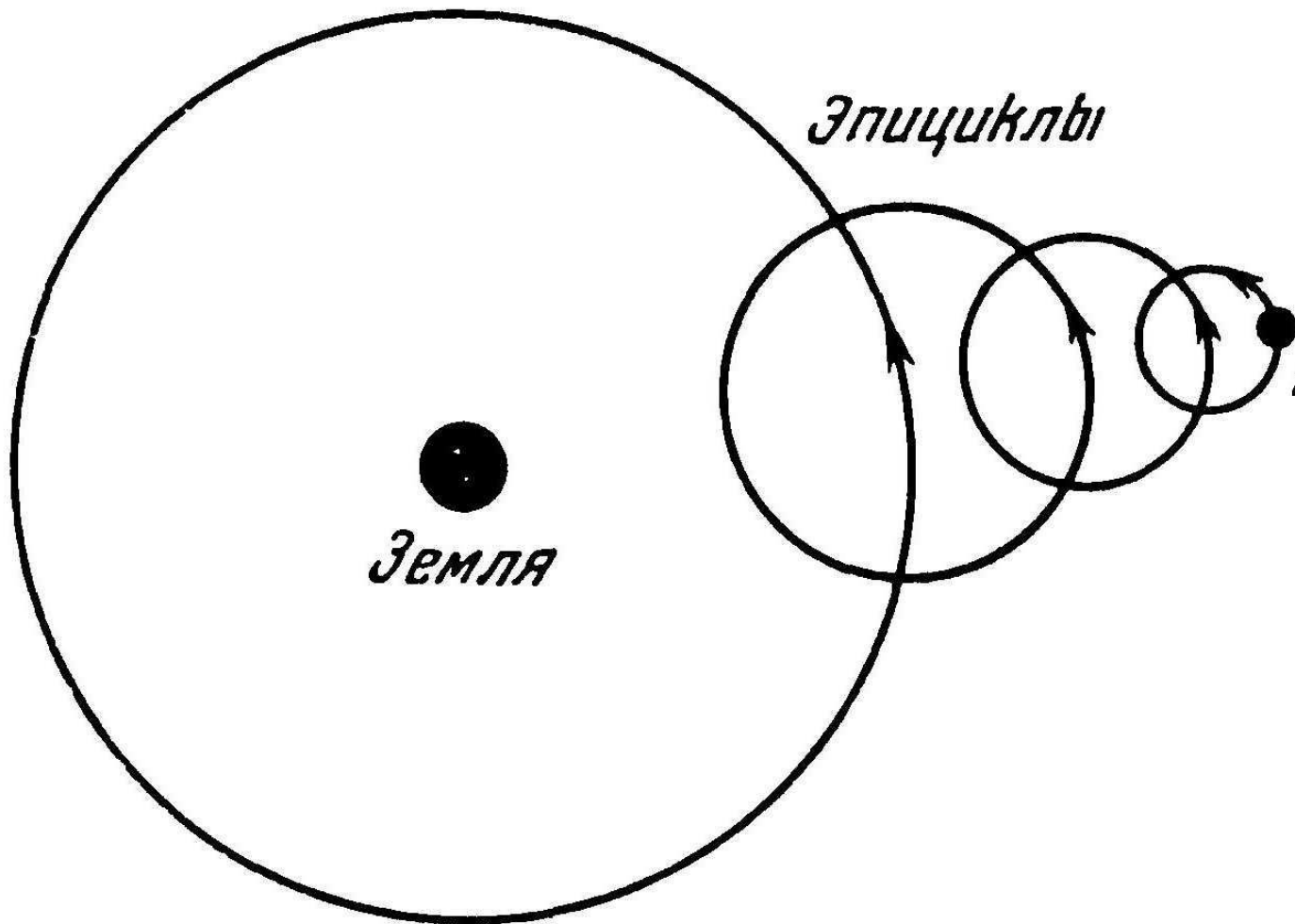
Эпициклы и деференты

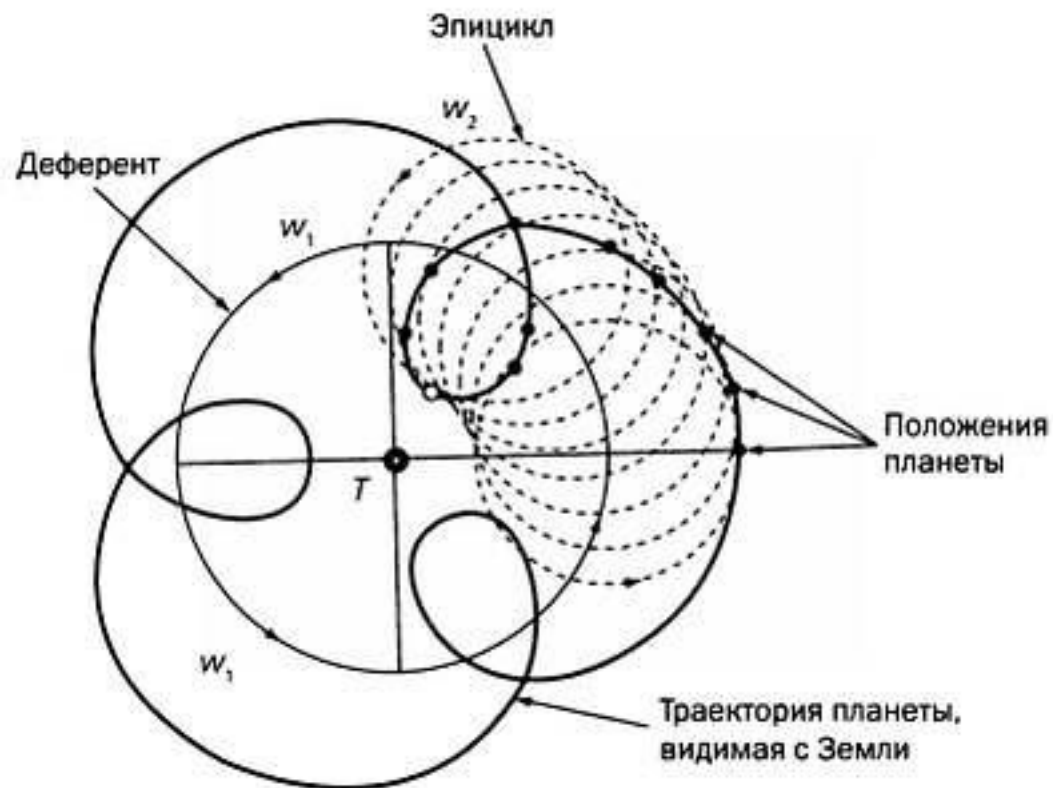
*Деферент*

*Эпициклы*

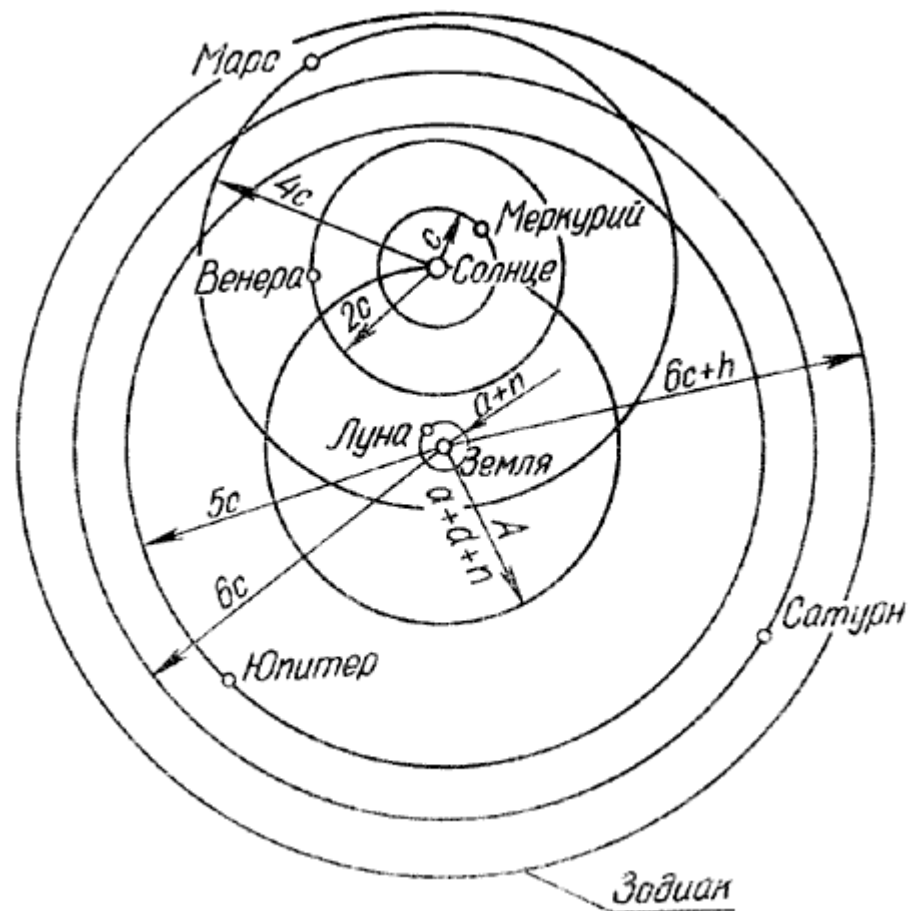
*Земля*

*Планета*





<https://youtu.be/d8dO4VjkKD>



# **ВКЛАДЫ АРАБСКИХ УЧЕНЫХ РАННЕГО СРЕДНЕВЕКОВЬЯ В РАЗВИТИЕ УЧЕНИЯ О ДВИЖЕНИИ**

- **Ал Хорезми** (первая пол IX в.)-астроном и математик (алгебра)
- **Ал Кархи** (ум. около 1025 г.)
- **Омар Ал Хайам** (1048-1122) (Механика и астрономия)
- **Абу Али ибн Сина** (Авицена)-980-1037
- **Ал Бируни** (973-1048)
- **Аверроэс (ибн Рошт)**- (1126-1198)
- **Ал Казини**- «**Книга весов мудрости**» (1121)

1) гидростатическое взвешивание; 2) опред.удельного веса минер.;  
3) Понятие скорости движения тела (отношение пути ко времени)